VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNG ÜBER DIE MODELL-ORIENTIERUNG IN DEM ARTIKULATOR GNATHOMAT MIT HILFE EINER ARBITRÄREN GESICHTSBOGENÜBERTRAGUNG UND UNTER VERWENDUNG DER FUNDAMENTWAAGE

DISSERTATION

zur Erlangung des Grades Doktor der Zahnmedizin

der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

GERHARD KÜPPER

1981

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536504_0088

Aus der Prothetischen Abteilung der Poliklinik und Klinik
für Zahn–, Mund– und Kieferkrankheiten
– Westdeutsche Kieferklinik – der Universität Düsseldorf
Direktor: Prof. Dr. Hermann Böttger

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNG ÜBER DIE MODELL–ORIENTIERUNG IN DEM ARTIKULATOR GNATHOMAT MIT HILFE EINER ARBITRÄREN GESICHTSBOGENÜBER–TRAGUNG UND UNTER VERWENDUNG DER FUNDAMENTWAAGE

DISSERTATION

zur Erlangung des Grades Doktor der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

GERHARD KÜPPER

1981

Gedruckt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der
Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.:
Prof.Dr.med.dent.
Manfred Straßburg

Referent

gez.:
Prof.Dr.med.dent.Dr.med.dent.h.c.
Hermann Böttger

Korreferent

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

gez.:
Prof.Dr.med.dent.
Walter Weise

Dissertationsdruck M. WEHLE, Hauptstraße 240, 5305 Witterschlick/Bonn
Fernruf 0228 / 64 11 13

Meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. dent.
Dr. med. dent. h. c. Hermann Böttger
und
Herrn Dr. med. dent. E. Liessem
in Dankbarkeit gewidmet

EINLEITUNG

Aus dem Umstand, Zahnersatz nicht direkt im Munde des Patienten funktionsgerecht gestalten zu können, ergibt sich die Notwendigkeit, die Kontaktbeziehungen der Zahnoberflächen, die eine entscheidende Rolle im Kausystem spielen, außerhalb dieses Systems simulieren zu müssen. Die für eine erfolgversprechende Therapie notwendige funktionsgerechte Simulation des Kauapparates erlangt in der modernen Zahnheilkunde in mehrfacher Hinsicht zunehmend an Bedeutung; einmal erfordert die Herstellung des Zahnersatzes einen ständig steigenden technischen und finanziellen Aufwand, und zum anderen können okklusale Gestaltungsfehler bei der Härte der heute verwandten Zahnersatzmaterialien (z. B. Keramik, Platin-Golde) schwerwiegende iatrogene Schäden im Kausystem hervorrufen.

Seit dem vorigen Jahrhundert werden die funktionellen Zusammenhänge des Kauorganes erforscht. Es sind unterschiedliche Theorien entwickelt worden, die zu einer Vielzahl verschiedener Artikulatorkonstruktionen geführt haben. In dieser Arbeit werden Untersuchungen an dem Artikulator GNATHOMAT vorgenommen.

Der GNATHOMAT darf als eine Weiterentwicklung solcher Geräte angesehen werden, wie sie von LUCE, WUSTROW, EICHENTOPF, BALTERS und SCHRÖDER (1, 22, 24, 29) konstruiert worden waren und ihrer gedanklichen wie funktionellen Konzeption nach als Kaubahnträger (LUCE 1910) bzw. Gleitbahnartikulatoren (SCHRÖDER-TREBITSCH Artikulator) bezeichnet werden.

Bei den gelenkbezüglich arbeitenden Artikulatoren, die in ihrem Konstruktionsprinzip wesentlich von GYSIS Untersuchungen (12, 13) über Beziehungen zwischen dem Kiefergelenk und der Okklusion beeinflußt sind, muß die Lage der

Modelle in dem Artikulator dreidimensional hinsichtlich der gedachten Intercondylarachse des Patienten exakt mit der Scharnierachse des Gerätes übereinstimmen. Zur Justierung der Gelenkmechanismen ist man auf Angaben angewiesen, die durch extra- bzw. intraorale Aufzeichnungen der Bewegungsbahnen des Unterkiefers gewonnen und gegebenenfalls als Winkel gemessen werden.

In dem Artikulator GNATHOMAT, der das gleitbahnbezogene Vorgehen ermöglicht, befindet sich keine starre "Gelenkachse". Die Bewegungszentren des Gerätes werden als Steuerungselemente gehandhabt und sind in allen Dimensionen frei beweglich. Diese Steuerungselemente werden individuell eingestellt entsprechend der Gleitbahn des jeweiligen Patienten; d. h. der individuelle Funktionsablauf der Zahnreihen, der durch die Führungsflächen an den Zähnen vorgezeichnet wird, bestimmt die Justierung der Steuerungselemente, in denen somit das individuelle "Programm" der Bewegungsbahnen "gespeichert" ist.

Nach der Einstellung der Steuerungselemente auf die individuelle Gleitbahn können diese Bewegungen auch ohne Zahnführungen reproduziert werden. Dieses Verfahren ermöglicht die Herstellung eines Zahnersatzes entsprechend den individuellen Unterkieferbewegungen eines Patienten. Bei Restgebissen bzw. nur eckzahngeführten Unterkieferbewegungen wird der Funktionsablauf mit Hilfe von Funktionsbißschablonen bzw. Funktionswachsbissen individuell bestimmt.

Die Orientierung der Modelle erfolgt unter Zuhilfenahme der Fundamentwaage, die - wie noch eingehend erläutert wird - die Lage der Modelle bilateral symmetrisch sowohl zur Medianebene des Patienten als auch zur Artikulatormitte und zudem parallel zur Kauebene bestimmt.

In der Abhandlung über das gelenkbezügliche oder kaubahnbezogene Vorgehen bei prothetischen Maßnahmen schreibt

H. BÖTTGER (5) über den Artikulator GNATHOMAT: "Obwohl es nicht darauf ankommt, die Bewegungen geometrisch aufzuzeichnen, um sie anschließend im Artikulator reproduzieren zu können, sondern darauf, vorgezeichnete Kaubahnen nachzufahren, ist die Anwendung eines Gesichtsbogens vorgesehen, so daß die Modelle auch gelenkbezüglich orientiert werden können."
Hiermit wird auf die Thematik der vorliegenden Arbeit hingewiesen, in der Übereinstimmungen und Abweichungen bei unterschiedlichen Verfahren der Modellorientierung in dem Gleitbahnartikulator GNATHOMAT untersucht werden sollen.

PROBLEMSTELLUNG

Der Präzisions-Gleitbahnartikulator GNATHOMAT ist eine Weiterentwicklung des SCHRÖDER-TREBITSCH Artikulators, der in der zahnärztlichen Literatur (H. BÖTTGER, K. HÄUPL, H. REHM) als Universalartikulator bezeichnet wurde. Die spezielle Mechanik der Gelenktrommeln in diesem Artikulator ermöglichte die Nachahmung individueller Kaubahnen, wobei - wie H. BÖTTGER in der Abhandlung über die angewandte Artikulationslehre (3, S. 274) an einem Fall veranschaulichte - auch retrograde Bewegungsabläufe entsprechend den individuellen Unterkieferbewegungen simuliert werden konnten.
H. REHM (22) unterstützt mit den Ergebnissen seiner Untersuchungen die Bedeutung der retrograden Bewegungsabläufe bei der Justierung individueller Artikulatoren.
Durch eine Einstellung der Skala der Gelenktrommeln auf mittlere Zahlenwerte war die Verwendung des SCHRÖDER-TREBITSCH Artikulators als Mittelwertartikulator prinzipiell möglich, wurde von H. BÖTTGER aber nur im Rahmen prothetischer Behandlung zahnloser Patienten empfohlen (3, S.297).

Die Orientierung der Modelle in dem SCHRÖDER-TREBITSCH Artikulator fand unter Anwendung des Bonwill`schen Dreiecks nach Mittelwerten statt.

In dem Artikulator GNATHOMAT werden die Modelle primär nicht nach Mittelwerten sondern mit der Fundamentwaage in der Weise orientiert, daß sie unter Berücksichtigung der individuellen Schädelkoordinaten ausgerichtet auf die Symmetrie des Gerätes fixiert werden. Die Artikulatormitte deckt sich mit der Medianebene des Schädels. Die Horizontalebene steht senkrecht zur Medianebene und verläuft parallel zur individuellen Kauebene des Patienten. Die Symphysenpunktgabel legt die Orientierung der Modelle in der Sagittalen fest.

Wie von H. BÖTTGER (5; 6) und anderen Autoren (K. KOLNDORFFER, 18; G WILLNER, 30, 31) in mehreren Veröffentlichungen dargestellt wird, erlaubt der freischwingende Steuermechanismus in dem GNATHOMATen ohne exakte geometrische Übertragung die Nachahmung des individuellen Funktionsablaufes bei den Kaubewegungen; d. h. eventuelle Abweichungen des individuellen Falles von der Norm werden durch die freibeweglichen Steuerungselemente ausgeglichen.

Bei vollbezahnten Patienten mit bilateral balancierter Okklusion werden die Steuerelemente anhand vorgegebener Schliffacetten nach der individuellen Kaubahn eingestellt; bei unilateral bzw. eckzahngeführter Okklusion wird die individuelle Kaubahn durch Seitbißnahmen am Patienten sicher bestimmt, und danach werden die Steuerelemente ausgerichtet (U. STÜTTGEN, 29).

Die Justierung bei unbezahnten Modellen erfolgt indirekt über die Aufstellung der Zähne mit Hilfe einer Kalotte. Im Normalfall ist die eingeschliffene Okklusion die Voraussetzung für die definitive Gerätejustierung; daraus folgt, daß Zwangsführungen - wie sie z. B. durch elongierte

Zähne, unphysiologische Kauflächengestaltung von Füllungen, Kronen oder prothetischen Ersatz entstehen können - in den Artikulator-Bewegungsablauf nachgeahmt und damit sichtbar gemacht werden können, wodurch eine Voraussetzung für die funktionsgerechte Therapie gegeben ist.
Im Gegensatz zu dem gelenkbezogenen Vorgehen werden die eventuell erforderlichen Seitbißnahmen bei dem kaubahnbezogenen Vorgehen unter Berücksichtigung folgender Kriterien hergestellt:

1. in physiologischer Kiefergelenkposition
2. in gleicher Bißhöhe, in der ein herzustellender prothetischer Ersatz gestaltet werden soll
3. okklusionsnah, d. h. auf funktionell beanspruchten Kauflächenarrealen

Die im Rahmen des gelenkbezogenen Vorgehens unbedingt für die Einstellung diesbezüglicher Artikulatoren notwendigen Registrate werden abweichend von den oben genannten Kriterien wie folgt hergestellt:

1. Stellung der Gelenke in terminaler Scharnierachsenposition
2. bei gesperrtem Biß, in retrudierter Kontaktposition der Zahnreihen
3. okklusionsfern, im Grenzbereich der Unterkiefer-Funktionsbewegungen

Die von P. K. THOMAS, LAURITZEN (19) und anderen für die gelenkbezügliche Orientierung geforderte Stellung der Kiefergelenke in der terminalen Scharnierachsenposition und der Zahnreihen in retrudierter Kontaktposition als einzige reproduzierbare Grenzposition wird von mehreren anderen Autoren (H. BÖTTGER, 4, 5; A. GERBER, 8, 10; B. JANKELSON, 14; P. H. LEVI, 20; M. L. MOSS, 21) als eine unphysiologische Position angesehen.
M. L. MOSS (21) bezeichnet es als einen Irrtum, wenn im

Hinblick auf die Öffnungsbewegung des Unterkiefers von der Vorstellung einer isolierten Rotation um eine Scharnierachse ausgegangen wird.

P. H. LEVI schreibt am Ende seiner Ausführungen über die "Klinischen Konsequenzen der Unterkieferposition und das Konzept einer veränderlichen zentrischen Beziehung" (20) zusammenfassend: " Das Konzept der fixierten retrudierten Unterkieferposition läßt sich zurückverfolgen bis in die Anfänge der Behandlung mit Vollprothesen, als mit ihrer Hilfe die Einbißreproduktion versucht wurde. Die zunächst für zahnlose Patienten mit dem Zweck geschaffene Methode, Ober- und Unterkiefer zueinander in Beziehung zu setzen, wurde später als physiologisches Verfahren auch für Patienten benutzt, die noch Zähne hatten. Schließlich führte die statische zentrische Beziehung zu Reproduktionssystemen aller Unterkieferbewegungen, die wieder die Ausbildung okklusaler Kontakte mit einem feststehenden Bewegungsablauf der Kondyle nach sich zogen.

Die Interpretation der zentrischen Beziehung als fixiert oder statisch fand Eingang in alle Gebiete der Zahnmedizin, unabhängig von den Raumbeziehungen der Kiefer. Es kann nicht verwundern, daß sie deshalb zu falschen Diagnosen und Behandlungsformen Anlaß gab."

Außer dieser kontroversen Beurteilung der physiologischen Kiefergelenkposition ist bei dem gelenkbezogenen Vorgehen das exakte Auffinden der erforderlichen Referenzpunkte, deren Lagen bei unterschiedlicher Kopfhaltung des Patienten variieren, den Untersuchungen H. REHMS (22) zufolge nur unter mehrfacher Röntgenkontrolle möglich. In dem Verfahren, wie es LAURITZEN (19), STUART (28) und andere entwickelt haben, lassen sich die posterioren Referenzpunkte - als die scheinbaren Durchtrittstellen der imaginären Scharnierachse auf der Haut - mit Hilfe eines sogenannten

Scharnier-Achsen-Lokalisators ermitteln, der die angenommene Drehachse festlegt,um die der Unterkiefer bei Öffnungsbewegungen rotiert.

Ungenauigkeiten und Fehler entstehen bei dieser Methode der Modellorientierung durch die vom Behandler auszuführende Manipulation des Unterkiefers eines Patienten in die terminale Scharnierachsenposition hinein. Die Fehler, die sich aus dieser Zwangsführung ergeben, zeigen sich nicht unmittelbar bei der Orientierung der Modelle in dem Artikulator, sondern erst nach dem Einsetzen des in dieser Position hergestellten Zahnersatzes; dann, wenn nachträgliches Einschleifen erforderlich ist, weil das Kaubewegungsmuster des Patienten auf einer habituellen sagittalen Lagebeziehung beruht, und die nach Scharnierachsenbestimmung konstruierte Okklusion nicht von jedem Patienten problemlos akzeptiert wird.

B. JANKELSON (14, 15) konnte darüber hinaus in seinen Untersuchungen nachweisen, daß die bei dem gelenkbezüglichen Vorgehen erforderlichen sagittalen und transversalen Gelenkbahnaufzeichnungen das habituelle und physiologische Bewegungsmuster eines Patienten nicht erfassen. Diese Aufzeichnungen stellen im wesentlichen Grenzbewegungen dar und sind in den meisten Artikulatoren nicht gekurvt, sondern nur direkt linear übertragbar. (vgl.A.ZÜRCHER, 33)

Aus diesen Darlegungen ergibt sich die Feststellung, daß die Orientierung der Modelle in den Gelenkartikulatoren auf Grund der räumlichen Übertragung zwar den vermessenen Bezugspunkten des Patienten entspricht; die Simulation der Unterkieferbewegungen hingegen weitgehend durch die Methode der Registrierung und durch die Einstellung und Mechanik der Artikulatorgelenke bestimmt wird, und dadurch der habituelle physiologische Bewegungsablauf nicht reproduziert werden kann.

Der komplizierte Aufbau und Funktionsablauf der Kiefergelenke mit Beteiligung zentraler Reflexbahnen, der Muskulatur, der Diski und Ligamente, wie auch die dargestellten Unsicherheiten bei dem gelenkbezüglichen Vorgehen, lassen das gleitbahnbezogene Vorgehen als vorteilhaft erscheinen; dies um so mehr, da bei der Übernahme der Gleitbahn im Artikulator GNATHOMAT jeder mögliche Einfluß der Gelenke auf die Bewegungen des Unterkiefers im Gleitkontakt in dieser Bewegung integriert ist und die Funktion der Kiefergelenke auf diese Weise indirekt mit berücksichtigt wird. (vgl. K. KOLNDORFFER, 18)

Daraus folgt, daß in dem Artikulator GNATHOMAT - im Gegensatz zu den teiljustierbaren Gelenkartikulatoren - auch der Abschnitt der Unterkiefer-Seitwärtsbewegungen individuell und sphärisch in dem Gerät nachvollzogen werden kann, der zu Beginn der Seitwärtsbewegung auftritt und als die initiale Phase der Benettbewegung bzw. als "Immediate side shift" bezeichnet wird. Dieser Phase der Unterkieferbewegung wird in der zahnärztlichen Literatur sowohl im Hinblick auf die Therapie als auch auf die Diagnostik eine große Bedeutung beigemessen.

In der vorliegenden Arbeit sollte eine Untersuchung über die Modellorientierung in dem Artikulator GNATHOMAT vorgenommen werden. Wie bereits erwähnt wird die Modellorientierung mit Hilfe einer Fundamentwaage durchgeführt. In der Abbildung 1 wird der Zusammenhang im Hinblick auf die Konstruktion der Fundamentwaage, des Gnathometers nach H. BÖTTGER und der Aufstellmatrize dargestellt.

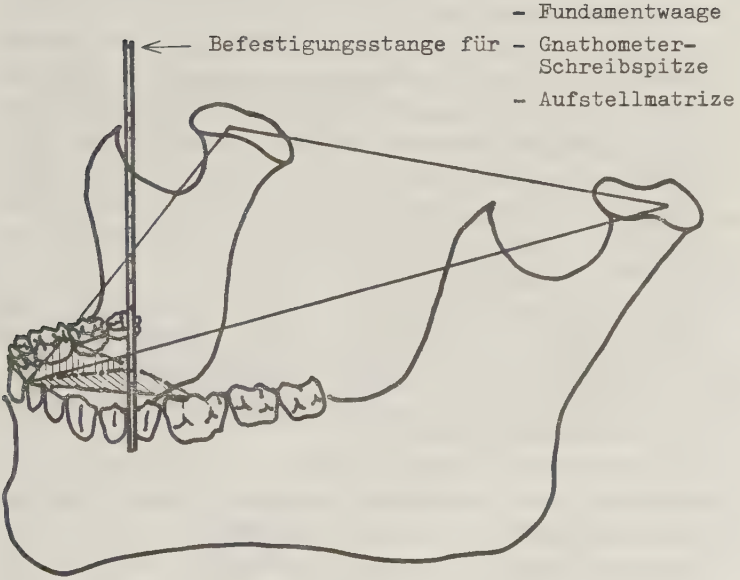

- Fundamentwaage
Befestigungsstange für - Gnathometer-Schreibspitze
- Aufstellmatrize

Abb. 1

Bei dem Gnathometer stimmt die Stellung der Schreibspitze mit dem Kreuzungspunkt der beiden Achsen der Fundamentwaage überein, wodurch die richtige Plazierung des Stützstiftes gewährleistet wird.
Die Aufstellmatrize dient als Hilfsgerät zur Aufstellung der Seitenzähne im teil- bzw. unbezahnten Gebiß. Die kalottenförmige Gestaltung der Matrize nach der sagittalen und transversalen Kompensationskurve ermöglicht ein funktionell artikuläres Anordnen der künstlichen Zähne nach Mittelwerten bei statischem Vorgehen. Die Befestigungsstange der Aufstellmatrize ist in dem erwähnten Achsenkreuz der Fundamentwaage angebracht.
Auf Grund dieser Zusammenhänge wird die Bedeutung der Fundamentwaage im Hinblick auf die Modellorientierung und auch auf die sich daraus ergebenden Möglichkeiten bei der Herstellung eines Zahnersatzes im gleitbahnbezogenen Vorgehen offensichtlich.
Als Alternative zur Modellorientierung mit Hilfe der Fundamentwaage sollte experimentell untersucht werden, ob der Präzisions-Gleitbahnartikulator GNATHOMAT auf Grund seiner Abmessungen eine Modellmontage nach arbiträrer Gesichtsbogenübertragung zuläßt. Die eventuellen Abweichungen bei den unterschiedlichen Verfahren der Modellorientierung sollten analysiert und der Frage nachgegangen werden, inwieweit der Artikulator GNATHOMAT - ähnlich dem SCHRÖDER-TREBITSCH Artikulator - eine der Mittelwertorientierung vergleichbare Modellmontage mit der Fundamentwaage erlaubt.

3. UNTERSUCHUNGSANORDNUNG

3.1 Beschreibung der Fundamentwaage

In dem Artikulator GNATHOMAT erfolgt die Orientierung der Modelle unter Verwendung einer Fundamentwaage.
Dieses Instrument wurde von der Firma in Anlehnung an das von dem Kieferorthopäden SCHEIDT bestimmte Dreieck konstruiert. SCHEIDT stellte auf Grund umfangreicher Messungen eine feste Beziehung zwischen drei Punkten des Unterkiefers fest und definierte das Dreieck, das den Kontaktpunkt Z 31, Z 41 (vorderer Dreieckspunkt) mit der Längsfissur der beiden unteren ersten Molaren verbindet. In diesem Dreieck ist die Verbindungslinie zwischen der Längsfissur der Zähne 36, 46 doppelt so lang wie das Lot vom vorderen Dreieckspunkt auf diese Strecke. (s. Abb. 2)

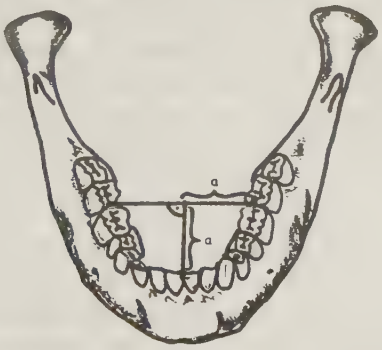


Abb. 2

Der Halbierungspunkt der Verbindungslinie ist der Bezugspunkt für die Fundamentwaage. In diesem Punkt ist die Befestigungsstange der Fundamentwaage angebracht.
Am vorderen Ende der Fundamentwaage befindet sich eine Symphysengabel mit einer Dreikantspitze. Außerdem sind an der Befestigungsstange der Fundamentwaage in der Sagittalebene verschiebliche Flügel angebracht, auf denen Symmetrielinien als Orientierungshilfen eingezeichnet sind. Mit Hilfe eines Instrumententrägers wird die Befestigungsstange in das Gerätoberteil montiert.
Das in dem Richtsockel befestigte Unterkiefermodell wird nach Lösen der Griff- und Rändelschrauben an die Fundamentwaage herangeführt. Der Kontaktpunkt Z 31/Z 41 wird an die Dreikantspitze der Symphysengabel angelegt, und die Seitenzahnpartien bis zur Höhe der Fundamentwaagenflügel angehoben.
Mit Hilfe der rückwärtigen Kante und den Markierungslinien der Flügel wird das Unterkiefermodell bilateral symmetrisch bezogen auf die Medianebene ausgerichtet und in dieser Position fixiert.
Die Modelle werden durch Anwendung der Fundamentwaage nicht nach Mittelwerten sondern allein bilateral symmetrisch orientiert unter Ausrichtung der Kauebene parallel zu einer konstruktionsbedingten Geräte-Ebene. (vgl. G. WILLNER, 31)

3.2 Darstellung des Almore-Gesichtsbogens

Der Gesichtsbogen dient der individuellen Bestimmung einer Ebene zu der der Oberkiefer eines Patienten in Beziehung gesetzt werden kann. Diese Ebene wird räumlich durch drei Punkte definiert:

1. Condylenmittelpunkt rechts
2. Condylenmittelpunkt links
3. Orbitalpunkt

Anhand dieser drei Referenzpunkte läßt sich die sogenannte Scharnierachsen-Orbital-Ebene ermitteln, zu der man die Position des Oberkiefermodelles räumlich festlegt.

Als Condylus-Referenzen wurden die scheinbaren Durchtrittsstellen der terminalen Scharnierachse durch die Haut arbiträr bestimmt und bei den Probanden markiert.

Das arbiträre Verfahren für die Festlegung der scheinbaren Austrittspunkte der Scharnierachse durch die Haut geht von einem Standard-Mittelwert für deren Lokalisation aus, der 12 mm vor dem Tragus auf der Tragus-Orbitallinie liegt. (H. BÖTTGER, 3; H. GERBER, 10)

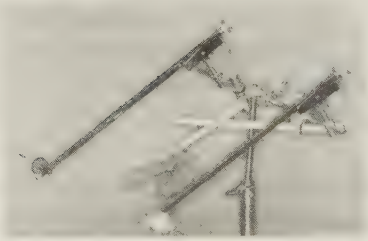
Das individuelle Verfahren zum Auffinden dieser Referenzpunkte mit Hilfe des sogenannten Scharnierachsenlokalisators erschien in dieser Untersuchung nicht angezeigt, da die Anbringung der entsprechenden Referenzen an dem Artikulator für die Gesichtsbogenübertragung - die Geometrie des Gerätes berücksichtigend - anhand von Mittelwerten errechnet wurde. Auf diesen Sachverhalt wird an späterer Stelle noch eingegangen (s. 3.3).

Die dritte Referenz, der Orbitalpunkt, wurde als der tiefste Punkt des rechten unteren knöchernen Orbitalrandes senkrecht unter der Pupille definiert (H. BÖTTGER, 3) und bei den Probanden palpatorisch ermittelt.

Der in dieser Untersuchung verwandte Almore-Gesichtsbogen setzt sich aus folgenden Teilen zusammen:

An einer Querstange sind mit Fixationsklemmen zwei Seitenarme befestigt, an deren Enden befinden sich in Plastikmuffen die Condylennadeln zur Bestimmung der Gelenkkopfmittelpunkte. Der Orbitalanzeiger ist auf der rechten Hälfte der Querstange mit einer Klemme arretiert und läßt sich

auf die beschriebene 3. Referenz des Patienten einstellen. Der Stiel der Bißgabel ist auf der linken Hälfte der Querstange angebracht und mit dieser ebenfalls durch eine Klemme beweglich verbunden. Die mittlere Fixationsklemme dient der Arretierung des gesamten Gesichtsbogens an dem noch zu beschreibenden Montagestab der Montageplatte.



3.3 Vorbereitung an dem GNATHOMATen für die Gesichtsbogenübertragung

Das schädel- und gelenkbezügliche Orientieren des Oberkiefermodelles eines Patienten mittels Gesichtsbogen in einem Artikulator erfordert die Anbringung der unter 3.2 beschriebenen Referenzpunkte an dem Artikulator, um die mit Hilfe des Gesichtsbogens ermittelte Ebene, zu der das Oberkiefermodell räumlich in Beziehung gesetzt wird, auf den Artikulator übertragen zu können.

Als Referenz für die beiden Condylennadeln wurden in die Mittelpunkte der beiden Gelenkwalzen des GNATHOMATen Buchsen eingelassen, in die man die Nadeln verwindungsfrei einführen kann.

Die Orbitalreferenz wurde an dem Artikulator GNATHOMAT auf Grund folgender Überlegungen und Untersuchungen angebracht:

Wie unter 3.2 dargestellt wurde, wird mit Hilfe der beiden Condylennadeln und dem Orbitalanzeiger eine Ebene an dem Patienten festgelegt, die man als Scharnierachsen-Orbital-Ebene bezeichnet.

Diese Ebene wird im zahnärztlichen Schrifttum in Beziehung zur Camper`schen Ebene gesetzt. Für den Winkel zwischen diesen beiden Ebenen ermittelte A. KÖNIGS (17) im Rahmen seiner Untersuchungen einen Wert von 19,56°.

Da man an dem Artikulator die Camper`sche Ebene nicht exakt bestimmen kann, wurde die Kauebene als Bezugsebene für die Anbringung der Orbitalreferenz gewählt.

In den Untersuchungen von A. KÖNIGS (17), G. REUTER (23), M. KAÀN (16), B. BOJANOV (7) wird übereinstimmend festgestellt, daß die Camper`sche Ebene nicht parallel zur Kauebene verläuft. G. REUTER ermittelte für den Winkel zwischen beiden Ebenen einen Wert von 8,8°; M. KAÀN gibt für den gleichen Winkel einen Wert von 6,6° an, wobei der Schnittpunkt zwischen beiden Ebenen bei 103 von 170 untersuchten Fällen ventral lag.

B. BOJANOV untersuchte die Abweichungen zwischen Camper`scher Ebene und Kauebene an 168 Schädeln und 134 Studenten. Dabei stellte er fest, daß bei 72,3 % der untersuchten Fälle der Schnittpunkt zwischen diesen Ebenen ventral lag und errechnete eine durchschnittliche Abweichung von 3,92°.

Auf Grund der Werte dieser Untersuchung (KÖNIGS: Scharnierachsen-Orbitalebene / Camper'sche Ebene : 19,56°; BOJANOV: Camper'sche Ebene / Kauebene : 3,92° Schnittpunkt ventral) ergibt sich rechnerisch für den Winkel zwischen Scharnierachsen-Orbitalebene und Kauebene ein

Wert von 15,64°.

An dem Artikulator GNATHOMAT wurde eine Orbitalreferenz angebracht, deren gerade Verlängerung durch den Gelenkwalzenmittelpunkt geht und mit der Kauebene einen Winkel von 15° bildet (s. Abb. 4 und 5).

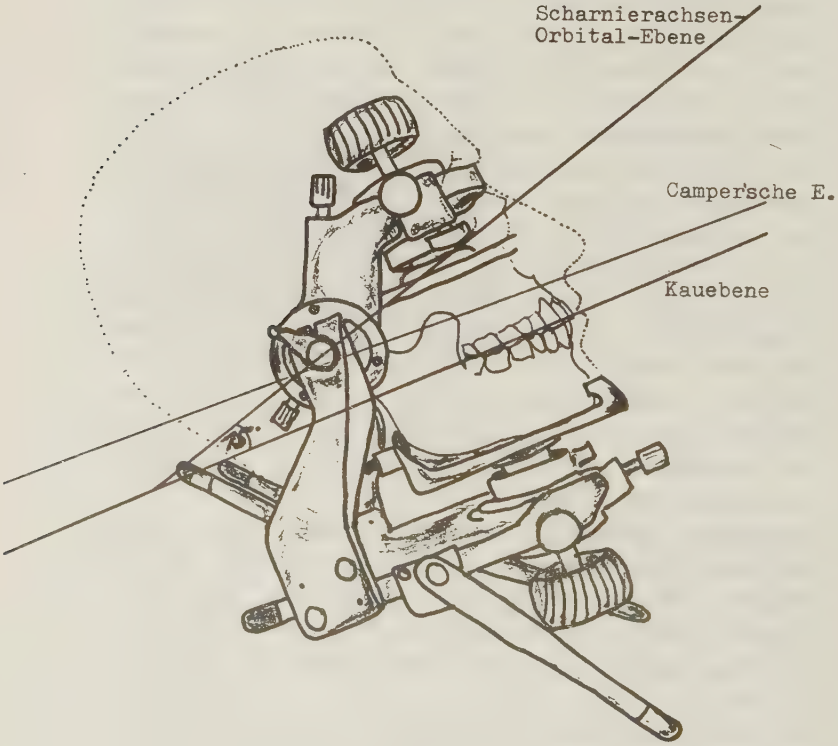


Abb. 4

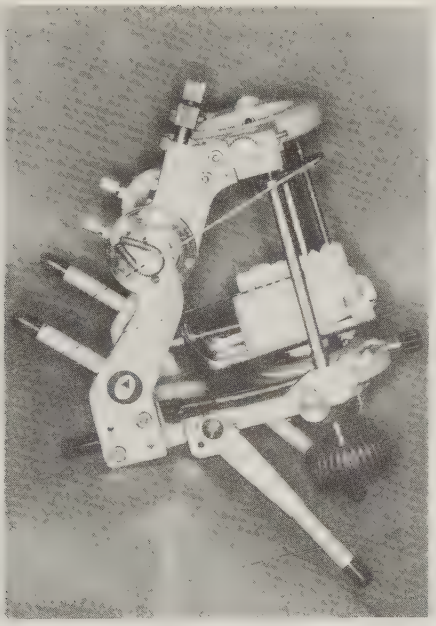


Abb. 5

Die Gesichtsbogenanlage wird wesentlich durch eine sogenannte Montageplatte vereinfacht, an der sich ein Montagestab zur Aufnahme des Gesichtsbogens befindet. Dieser Montagestab wurde in der vorliegenden Untersuchung mit einem Gelenk versehen, das die Bewegungen des Stabes und damit des Gesichtsbogens in dorsaler-ventraler Richtung zuläßt. Für den Ablauf dieser Untersuchung, vor allem im Hinblick auf die Meßauswertung, erwies es sich als vorteilhaft, den Artikulator durch ein Stativ am dorsalen Ende des Gerätes aus seiner Schrägstellung in eine Parallele zur Tischebene zu bringen. Das Stativ wurde mit zwei Schraubengewinden versehen, die es ermöglichten, den Artikulator so auszutarieren, daß er exakt parallel zu einer für die Meßauswertung definierten Ebene gebracht werden konnte (s. Abb. 6).

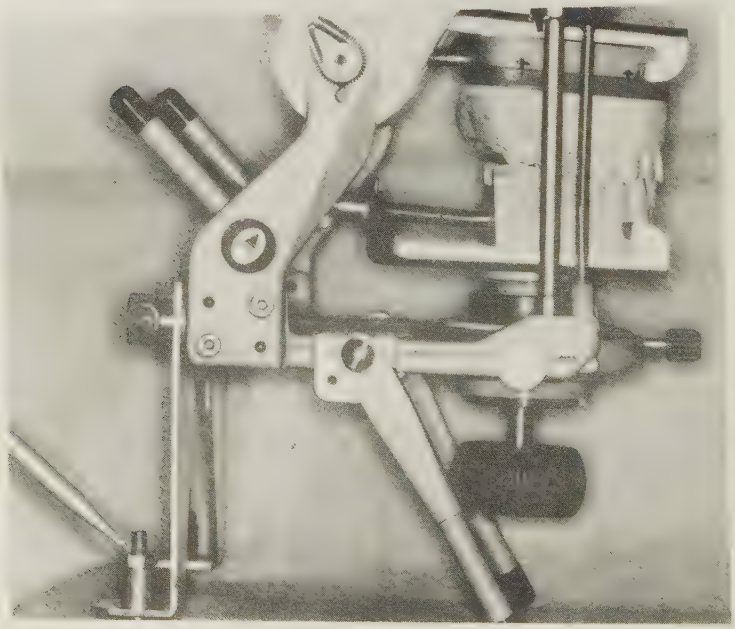


Abb. 6

Zur Vermeidung einer Senkung der Bißgabel des Gesichtsbogens durch das Aufsetzen des Oberkiefer-Gipsmodelles wurde das Reokklusionsinstrument aus dem GNATHOMAT-Set mit Hilfe des Instrumententrägers in das Geräteunterteil montiert, mit Abdruckgips beschichtet und während der noch plastischen Phase des Gipses in cranialer Richtung an die Bißgabel herangeführt und dann festgestellt. Auf diese Weise konnte eine sichere Abstützung der Bißgabel erreicht werden.

Auf der Abbildung 7 sind dargestellt: Montageplatte mit Montagestab, daran befestigt der Gesichtsbogen; auf der Montageplatte befinden sich: der Instrumententräger, das mit Gips beschichtete Reokklusionsinstrument und die Fundamentwaage.

Abb. 7

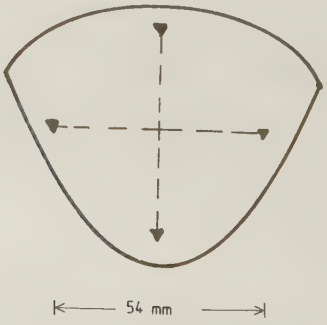
3.4 Modellherstellung

Für die Durchführung der Untersuchung war es erforderlich, vergleichbare Meßunterlagen zu schaffen. Hierzu wurde für die Modellherstellung ein identisches Sockelsystem verwandt.

Aus Autopolymerisat wurde im Split-cast System ein zweigeteilter Sockel - im folgenden Primär- bzw. Sekundärsockel genannt - hergestellt. Diese Teilsockel konnten auf Grund von eingearbeiteten Kerben und Keilen nur in einer Position bündig zusammengesetzt werden.

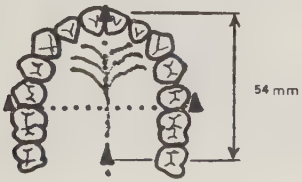
Der Sekundärsockel (Keile) wurde in den Modellträger des Artikulators eingeschraubt und während der Untersuchungsabläufe aller Probanden unverändert darin belassen.

Der Primärsockel (Kerben) diente der unmittelbaren Aufnahme der mit Hilfe eines Abdrucks gewonnenen und in Gips ausgegossenen Zahnreihe. Zu diesem Zweck wurden in den Primärsockel vier Perforationen in der Form eingearbeitet, daß Dowel-pins exakt geführt und gehalten wurden. Die Perforationen waren über Kreuz in einem jeweiligen Abstand von 54 mm zueinander angebracht.



Als sagittaler Bezugspunkt wurde der Kontaktpunkt Z 11, Z 21 definiert. In diesem Punkt konnte bei allen Modellen ein Dowel-pin eingegipst werden, dessen Retentionsende 6 mm von den Schneidekanten der Zähne 11 und 21 entfernt zervikal lag.

In der geraden Verlängerung dieses Punktes nach dorsal entlang der Raphe mediane wurde ein weiterer Dowel-pin im Abstand von 54 mm und in vertikal gleicher Höhe wie der erste fixiert.



Durch die gleiche Position dieser beiden Retentions-Pins waren alle Modelle in sagittaler und transversaler Ebene vergleichbar gesockelt.
In der vertikalen Ebene wurde eine gleiche Lage der Modelle durch folgende Maßnahmen erreicht:

Durch die Entfernung der für diese Untersuchung nicht erforderlichen Partien des Alginatabdruckes, z. B. extrem hohe Gaumendachabformung, hohe Umschlagsfalten, konnte bei allen Modellen die oben beschriebene Fixierung des sagittalen Bezugs-Pins im Hinblick auf den vertikalen Abstand des Retentionsteiles des Pins von der Schneidekante erreicht werden. Zusätzliche vertikale Abweichungen bei maximaler Interkuspidation der Modelle, z. B. durch elongierte Zähne, geringe Zahnkippungen, wurden durch Beschleifen des Unterkiefer-Gipssockels ausgeglichen. Die gesamte Modellhöhe OK, UK einschließlich der Sockel wurde auf 60 mm festgelegt und liegt damit in dem von dem Hersteller dafür angegebenen Bereich von 4 - 8 cm (s. Bedienungsanleitung GNATHOMAT).

Die seitlichen Dowel-pins dienten ausschließlich der sicheren Fixierung des Modells auf dem Primärsockel. Ihre Stellung zur Zahnreihe ergab sich aus der Position des Modells auf dem Sockel, die in sagittaler, transversaler und vertikaler Beziehung durch die beiden vorher beschriebenen Retentions-Pins definiert war.

Mögliche Irritationen der Messungen durch unterschiedliche Sockelung oder unterschiedliches Befestigen der Modelle in den Richtsockeln konnten durch dieses Verfahren ausgeschlossen werden, da erstens der Sekundärsockel nur einmal in den Modellträger montiert und während der gesamten Untersuchung in dieser Stellung belassen wurde, zweitens die Modelle aller Probanden - wie oben dargestellt - in räumlich definierter gleicher Position auf den einen Primärsockel aufgesteckt werden konnten und beide Sockelteile in nur einer Stellung bündigen Kontakt hatten (s. Abb.8).

Auf der Abbildung 8 sind dargestellt:
Primärsockel mit eingesteckten Dowel-Pins, Modellträger mit Richtsockel und eingeschraubtem Sekundärsockel, gesockeltes Modell

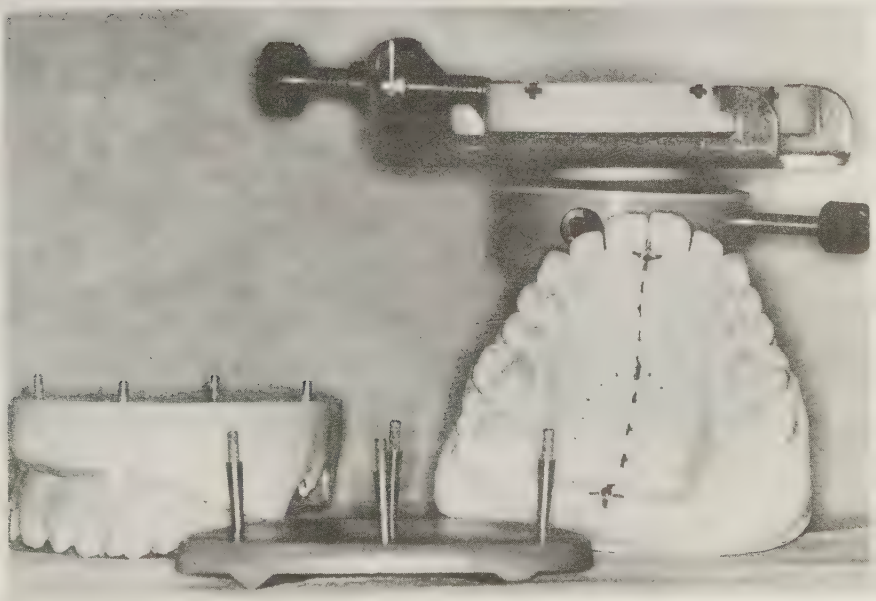


Abb. 8

3.5 Darstellung des Meßvorganges
Definition der Meßpunkte

In der vorliegenden Arbeit sollten die eventuellen Abweichungen untersucht werden, die sich durch die unterschiedliche Modellorientierung in dem Artikulator GNATHOMAT ergeben. Die für eine vergleichende Untersuchung erforderlichen Meßpunkte mußten so gewählt werden, daß sie sich auf alle Modelle gleich anwenden ließen und eine Aussage über die Position der Modelle in sagittaler, transversaler und vertikaler Ebene ermöglichten.
Als Meßpunkte wurden auf allen Modellen folgende Stellen markiert:

- Kontaktpunkt Z 31, Z 41
- höchste Erhebung des disto-buccalen Höckers Z 37 und Z 47
- An dem Sekundärsockel wurden seitlich vier Meßzeichen (M1, M2, M3, M4) so angebracht, daß bei Frontal- und bei Seitenansicht auf den Artikulator jeweils zwei Markierungen sichtbar waren (s. Abb. 9).

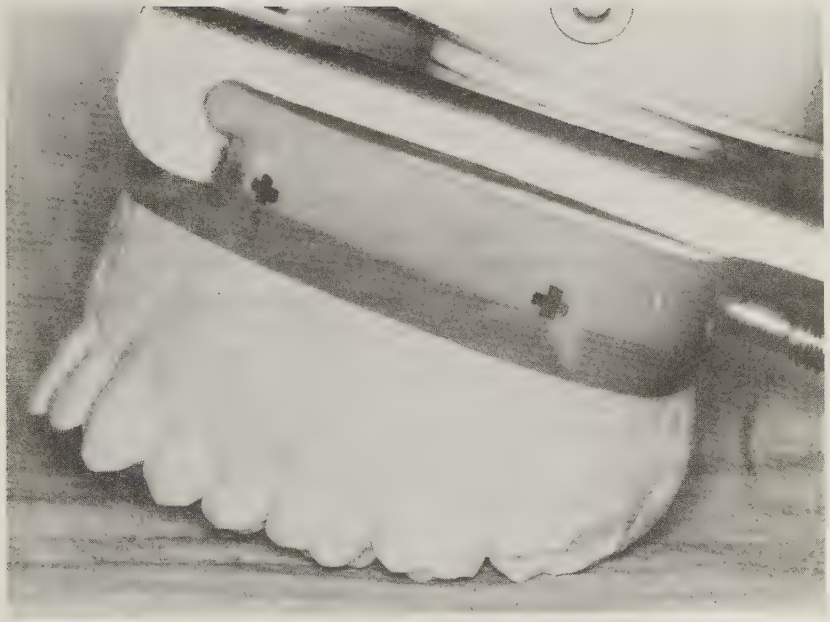


Abb. 9

Als unveränderliche - auf die Geometrie des Gerätes bezogenen - Meßpunkte wurden die folgenden Geraden und Bezugspunkte bestimmt:

1. G : Gelenkwalzenmittelpunkt
2. $\overline{G}$: Verbindungsgerade der Gelenkwalzenmittelpunkte
3. S_1;S_2: auf die Verbindungsgerade der Gelenkwalzenmittelpunkte in ihnen errichtete Senkrechte rechts und links
4. Z : Gerätemitte, gegeben durch die Fundamentwaagenmitte und den Halbierungspunkt der Verbindungsgeraden der Gelenkwalzenmittelpunkte
5. S.O.S.: Senkrechte zur Scharnierachsen-Orbitalebene in dem Gelenkwalzenmittelpunkt

(s. Abb. 10 und 11)

In Abbildung 10 sind die zu messenden Winkel und Strecken in Frontalansicht auf den Artikulator dargestellt.

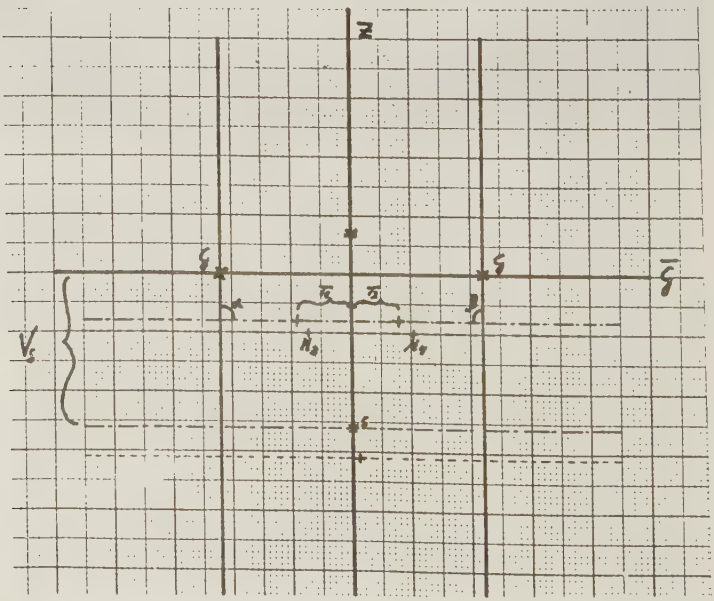


Abb. 10

In der Abbildung 11 sind die zu messenden Winkel und Strecken bei Seitenansicht auf den Artikulator dargestellt.

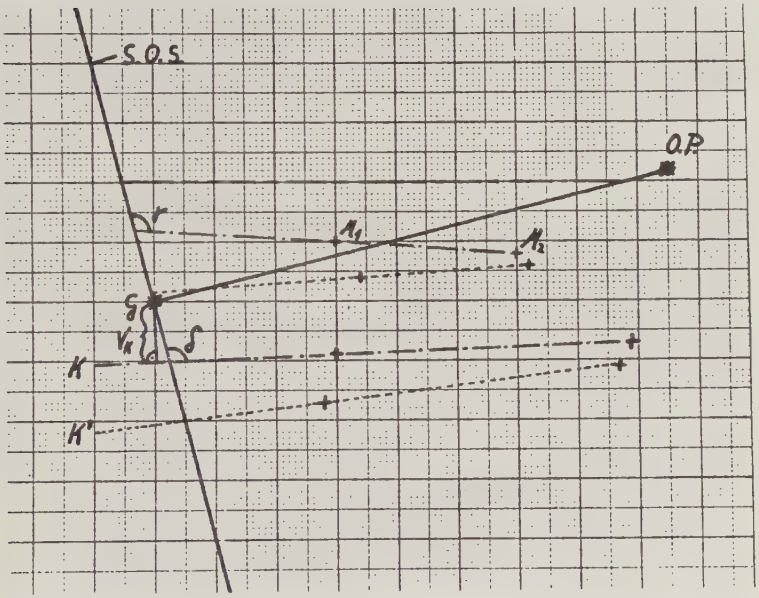


Abb. 11

Alle genannten Punkte und Geraden wurden bei jeder Meßreihe - wie noch beschrieben wird - mit Hilfe von Rastertransparentplatten auf Klarsichtfolien übertragen und konnten auf diese Weise für eine vergleichende Meßauswertung verwandt werden.

Als Bezeichnungen für die gemessenen Strecken wurden für die zu vergleichenden Angaben auch gleiche Symbole gewählt, wobei die Buchstaben für die Werte, die sich aus der Modellorientierung unter Verwendung des Übertragungsbogens ergaben, mit einem '-Zeichen versehen wurden.

z. B. K : Kaubebene, gegeben durch die Fundamentwaage

K': Kauebene, gegeben durch die Gesichtsbogenübertragung

Die Lage eines Modelles wurde in zweifacher Hinsicht untersucht:

1. Die Entfernung eines bestimmten Modellpunktes zu einem auf das Gerät bezogenen Fixpunkt,
   -gemessen als Strecke in: mm
2. Die Neigung des Modelles zu einer konstruierten unveränderlichen Bezugsebene,
   -gemessen als Winkel in Grad: 0°

Zu 1. Streckenangaben:

a) Messungen in der sagittalen Ebene
   - Seitenansicht auf den Artikulator
   - Modellmeßpunkt: Markierung M1 auf dem Sekundärsockel
   Gemessen wurde der waagerechte Abstand dieses Punktes von der Geraden S.O.S.
   - Bezeichnung der Strecke: S_a (S_a')

b) Messungen in der transversalen Ebene
   - Frontalansicht auf den Artikulator
   - 1) Modellmeßpunkt: Kontaktpunkt Z 31, Z 41
     Gemessen wurde der gerade waagerechte Abstand dieses Punktes von der Geraden Z
   - Bezeichnung der Strecke: T_3,
   - 2) Modellmeßpunkte: Markierungen M3 und M4 auf dem Sekundärsockel

Gemessen wurde der waagerechte Abstand dieser Markierungen zu der Geraden Z

- Bezeichnungen der Strecken: T_1 T_2 (T_1' und T_2')

c) Messungen in der vertikalen Ebene

- Frontalansicht auf den Artikulator
- Modellmeßpunkt: Kontaktpunkt Z 31, Z 41

Gemessen wurde der senkrechte Abstand des Punktes von der Geraden $\bar{G}$

- Bezeichnung der Strecke: V_s ($V_{s'}$)
- Seitenansicht auf den Artikulator
- Modellmeßpunkte: Kontaktpunkt Z 31, Z 41 und höchste Erhebung des disto-buccalen Höckers 37 und 47, d. h. Kauebene

Gemessen wurde der senkrechte Abstand der geraden Verlängerung der Kauebene von den Gelenkwalzenmittelpunkten. Diese Strecke war das auf die verlängerte Kauebene im Punkt G gefällte Lot.

- Bezeichnung der Strecke: V_k ($V_{k'}$)

Zu 2. Angaben über die Neigungen der Modelle:

In der Seitenansicht auf den Artikulator wurde die Neigung des Modelles in posteriorer - anteriorer Richtung zu der als Bezugsebene gewählten Gerade S.O.S. bestimmt.

Gemessen wurde der Winkel, den die Verbindungsgerade der Sockelmarkierungen M1 und M2 mit dieser Ebene bildet.

Bezeichnung des Winkels: γ (γ')

Weiterhin wurde in der Seitenansicht die Neigung der Kauebene in posteriorer - anteriorer Richtung untersucht.

Gemessen wurde der Winkel, den die Kauebene bzw. ihre Verlängerung mit der Geraden S.O.S. bildet.

Bezeichnung des Winkels: δ (δ')

In der Frontalansicht wurde die Neigung der Modelle in der horizontalen Ebene untersucht.

Gemessen wurden die beidseitigen Winkel, die die Verbindungsgerade der Sockelmarkierungspunkte M3 und M4 mit den Geraden S_1 bzw. S_2 bilden.

Bezeichnung des Winkels der rechten Seite: α (α')
Bezeichnung des Winkels der linken Seite : β (β')

Zusätzlich wurde bei allen Modellen der sagittale Abstand des Kontaktpunktes Z 31, Z 41 von den Gelenkwalzenmittelpunkten, der einem Schenkel des Bonwill'schen Dreiecks entspricht, direkt an dem Gerät mit Hilfe einer Schieblehre gemessen (s. Abb. 12)

Abb. 12

Vorbereitungen für den Meßvorgang

Das schon erwähnte Verfahren zur Übertragung der Meßpunkte auf Folien durch Peilung dieser Punkte auf Rastertransparentplatten (s. Seite 27) ermöglichte eine vergleichende Messung und Auswertung unterschiedlicher Modellorientierungen.
Zur Fixierung der Plexiglasplatten waren an jeder Seite der Montageplatte Metallschienen angebracht, in die man diese Platten in einer bestimmten Position senkrecht zur Montageplatte stecken konnte. Die Kunststofftransparentplatten wurden mit einem Raster versehen, das mögliche Übertragungsfehler durch Paralaxeverschiebungen bei dem Anvisieren verhindert. Auf der rechten und linken Transparentplatte waren folgende Punkte und Geraden, die aus dem Gerät übernommen wurden, als Raster markiert:

1. Gelenkwalzenmittelpunkt
2. Definierter Punkt der Orbitalreferenz
3. Senkrechte, gegeben durch die GNATHOMAT-Stützstifte rechts und links
4. Waagerechte, gegeben durch horizontale Linie im Geräteunterteil
5. Gelenkwalzenmittelpunkt - Orbitalreferenz-Ebene

Auf der frontalen Transparentplatte wurden folgende Punkte des Artikulators übernommen:

1. Gelenkwalzenmittelpunkt rechts und links
2. Gerade, gegeben als Horizontale im Geräteoberteil
3. Gerätmitte

Diese Punkte und Geraden wurden in das aus Senkrechten und Waagerechten bestehende Grundraster zusätzlich eingezeichnet.
Die Abbildung 13 zeigt eine vorbereitete seitliche Transparentplatte, die Abbildung 14 die vorbereitete frontale Platte.

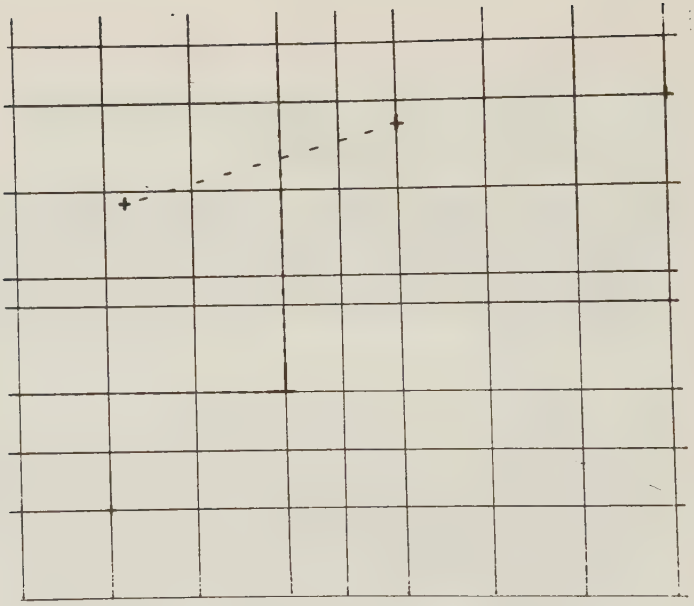


Abb. 13

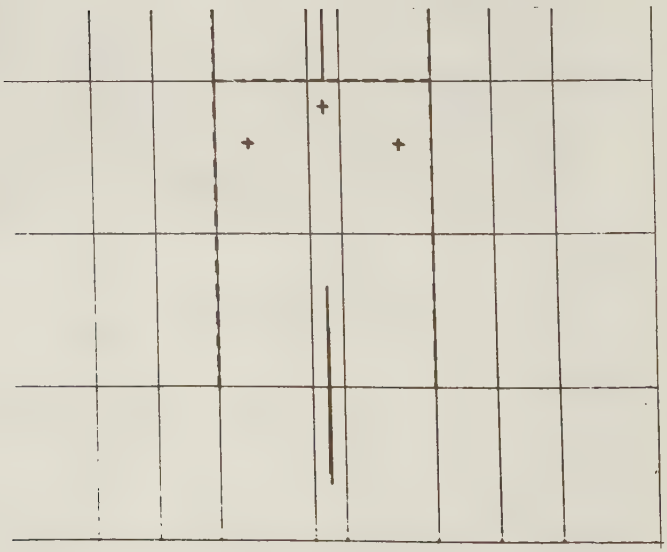


Abb. 14

Für jeden einzelnen Meßvorgang wurden Klarsichtfolien – wie sie bei der Overhead-Projektion gebräuchlich sind – auf die Transparentplatten temporär befestigt und ebenfalls mit diesem Raster versehen.
Der Artikulator wurde nach der Modellorientierung in eine definierte und bei allen Untersuchungen in die gleiche Position gebracht und mit Hilfe der beiden Schraubengewinde des Stativs parallel zu einer Raster-Horizontalen austariert. Beim Übertragen der einzelnen individuellen Meßpunkte auf die Folien wurden diese Punkte durch die Rasterplatten anvisiert. Dabei mußte darauf geachtet werden, daß sich alle o. g. Punkte und Geraden des Artikulators mit den entsprechenden Markierungen des Rasters deckten.
Mit Hilfe dieses Verfahrens war es möglich, die Meßpunkte paralaxefrei zu übertragen und darüber hinaus die einzelnen Meßergebnisse miteinander zu vergleichen, da für alle Untersuchungsabläufe die gleichen definierten Orientierungen geschaffen worden waren.

Vorbereitungen für die Meßauswertung

Die Ergebnisse der Meßreihen sollten graphisch dargestellt, zahlenmäßig erfaßt und statistisch ausgewertet werden.
Die graphische Darstellung ergab sich aus der Möglichkeit, die Klarsichtfolien mit den Markierungen der einzelnen Fälle auf Grund ihres identischen Rasters deckungsgleich aufeinander zu schichten. Auf diese Weise konnten Streuungen und Tendenzen der einzelnen Meßpunkte aufgezeigt werden.
Um die statistische Auswertung meßtechnisch zu ermöglichen, bot sich eine Übertragung der Meßpunkte und ihrer Bezugsebene von den Folien durch Pausung auf Millimeterpapier an. So konnten die einzelnen Strecken und Winkel ausgemessen und die Werte in die entsprechenden Tabellen übertragen werden.

3.6 Auswahl der Probanden

Als Probanden wurden zwanzig Studenten im Alter zwischen 20 und 30 Jahren nach folgenden Gesichtspunkten ausgewählt:

1. Vollbezahnter Oberkiefer und Unterkiefer
2. Eindeutige und fixierte Verzahnung in Schlußbißstellung
3. Keine Mittellinienverschiebung zwischen OK und UK bei maximaler Interkuspidation
4. Sagittaler und vertikaler Überbiß sollte nicht mehr als 2 mm betragen.

Keiner der Probanden besaß ein kariesfreies Gebiß; die Defekte waren zum größten Teil durch Amalgam- bzw. Kunststoffüllungen saniert.
Zusätzlich wurden vier Probanden mit Gebißfehlentwicklungen untersucht. Die ermittelten Meßergebnisse hinsichtlich der Modellorientierungen werden im Rahmen des Diskussionsteils dieser Arbeit abgehandelt.
Folgende Fälle von Gebißfehlentwicklungen wurden für die Untersuchung verwandt:

1. Deckbiß mit frontalem Engstand
2. Deckbiß mit seitlichem Kreuzbiß links und Mittellinienverschiebung nach links um ca. 3 mm
3. Frontal offener Biß ab Prämolaren; SKD in I.P.: 4 mm
4. Frontaler Kopfbiß mit seitlichem Kreuzbiß re., Nonokklusion bei 34, 35, 36; Mittellinienverschiebung nach rechts um ca. 4 mm

4. UNTERSUCHUNGSDURCHFÜHRUNG

Die Untersuchungen wurden an 24 Studenten der vorklinischen Abteilung der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität Düsseldorf durchgeführt.

Chronologischer Ablauf der Untersuchungen

Modellherstellung

Die Zahnreihen der OK- und UK-Alginatabdrücke wurden in Superhartgips (Stone-Gips) ausgegossen. Gemäß der Beschreibung im Abschnitt 3.4, S. 20 , wurden in die definierten Position Dowel-pins in die Zahnreihe eingegipst, wodurch eine eindeutige und für alle Abdrücke gleiche Fixierung des Modells auf dem Primärsockel erreicht wurde.
Am dorsalen Ende des OK-Modelles wurde die Mitte des Oberkiefers gegeben als gerade Verlängerung des Kontaktpunktes Z 11, Z 21 entlang der Raphe mediane markiert. Bei maximaler Interkuspidation der Zahnreihen wurde von diesem Punkt das Lot auf das UK-Modell gefällt (s. Abb. 15).
Die auf diese Weise übertragene Mitte des Oberkiefers auf den UK-Modellsockel war sowohl für die richtige Montage des Modells in dem Modellträger als auch für die richtige Orientierung der Modelle mit der Fundamentwaage erforderlich.

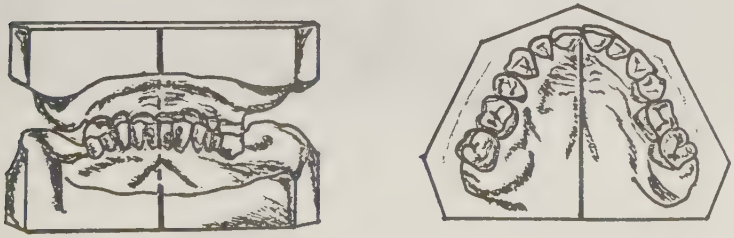


Abb. 15

Auf dem UK-Modell wurde der Kontaktpunkt Z 31, Z 41 und die höchste Erhebung des disto-buccalen Höckers der Zähne 37 und 47 als Definitionspunkte zur Festlegung der Kauebene farblich markiert (s. Abb. 16).

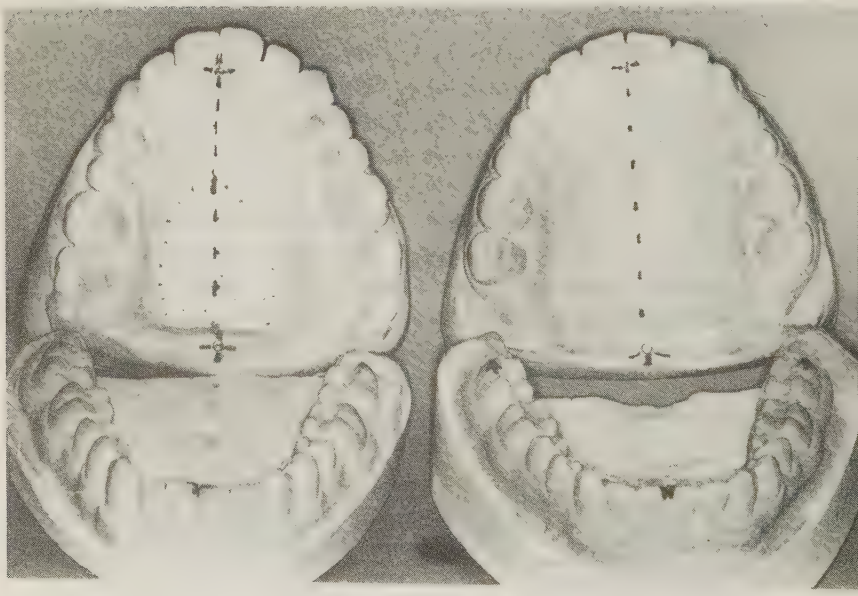


Abb. 16

Anlage des Gesichtsbogens

Die Lage des Kopfes des Probanden für die Gesichtsbogenübertragung wurde so gewählt, daß die Ohr - Augen - Ebene annähernd parallel zu einer Tischebene war.
Die scheinbaren Durchtrittspunkte der Condylenmitten durch die Haut wurden arbiträr bestimmt und 12 mm vor dem Porus acusticus externus auf der Tragus-Orbitallinie mit einem Kopierstift markiert.
Die vordere 3. Referenz - der Orbitalpunkt - wurde palpatorisch ermittelt und ebenfalls markiert.

Die Bißgabel wurde gleichmäßig beidseitig ca. 3 mm mit "Beauty-Pink"-Wachs beschichtet und 30 Sec. im Wasserbad mit ca. 54°C erwärmt.
Beim Adaptieren der Bißgabel an die obere Zahnreihe des Probanden mußte darauf geachtet werden, daß der Stiel der Bißgabel parallel zur Mediane des Patienten und zur Horizontalen positioniert war. Anschließend wurde der Proband aufgefordert, mit mäßigem Druck in habitueller Position den Mund zu schließen.
Vor der Befestigung des Gesichtsbogens mußte die korrekte Plazierung des OK-Modelles auf der Bißgabel und der gleichmäßige Einbiß der Zahnreihen in das Wachs kontrolliert und gegebenenfalls der Vorgang wiederholt werden.
An dem Stiel der Bißgabel wurde der Querarm des Übertragungsbogens mit der seitlichen Fixationsklemme in der Weise befestigt, daß die beiden Seitenarme parallel zur Frankfurter Horizontalen verliefen, und die Muffen am Ende der Seitenarme befanden sich in Höhe der markierten Condylenmittelpunkte beiderseits in gleicher Entfernung (ca. 5 mm) von der Haut.
Vor dem Einsenken der Condylennadeln auf die markierten Punkte durch die Muffen der Querarme mußte die korrekte

Stellung der Seitenarme mehrfach kontrolliert werden. Die Condylennadeln wurden nur gerade soweit eingesenkt, daß sie keinen Kontakt mit der Haut hatten, um so eine mögliche Ungenauigkeit durch die Verschieblichkeit der Haut zu vermeiden. Nach Überprüfung der richtigen Plazierung der Nadeln wurden alle Fixaktionsklemmen des Gesichtsbogens fest angezogen, und anschließend konnten die Nadeln aus den Muffen gezogen werden.
Der Orbitalanzeiger wurde auf den markierten Punkt des rechten unteren knöchernen Orbitalrandes eingestellt. Danach konnte der Gesichtsbogen von dem Probanden entfernt werden.
Mit der mittleren Fixationsklemme an der Querstange des Gesichtsbogens wurde dieser an dem Montierstab der Montierplatte befestigt.

Justierung des Übertragungsbogens
an dem Artikulator GNATHOMAT

Vor der Anlage des Übertragungsbogens an den Artikulator wurde der obere Modellträger mit Richtsockel und Sekundärsockel in das Gerätoberteil eingeschraubt, und der Instrumententräger mit dem Reokklusionsinstrument in das Geräteunterteil befestigt.
Auf der Montierplatte wurde der Artikulator in einem gleichen Abstand zwischen die beiden Seitenarme des Gesichtsbogens gestellt. Nach dem Lösen der Stellschraube des Montagestabes konnte der Übertragungsbogen so an die Referenzen des GNATHOMATen angelegt werden, daß die Condylennadeln "R" und "L" in die Buchsen der Gelenkwalzen eingelassen werden konnten (s. Abb. 17 und 18), und durch Drehung des gesamten Übertragungsbogens um diese Achse wurde der Orbitalanzeiger an die Orbitalreferenz des Artiku-

lators herangeführt. Nach der Anlage des Übertragungsbogens an die Referenzen wurde die Stellschraube des Montagestabes festgestellt, das Reokklusionsinstrument mit Abdruckgips beschichtet und zur Abstützung der Bißgabel vorsichtig an diese herangeführt und fixiert.

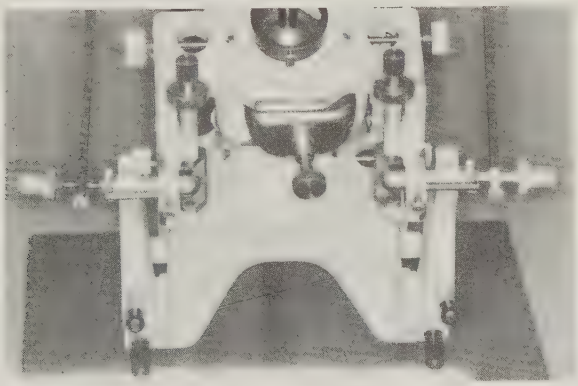


Abb. 17

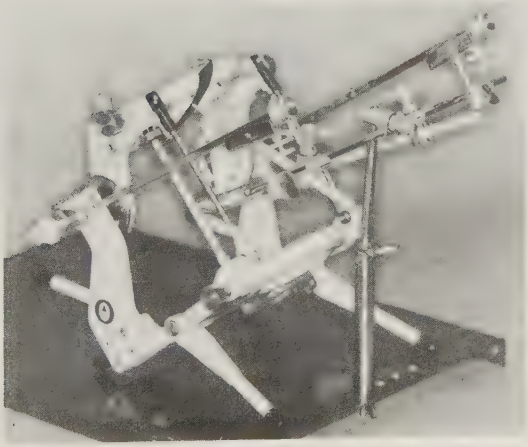


Abb. 18

Modellorientierung

Das OK-Modell mit Primärsockel wurde nach der Aushärtung des Gipses auf die Bißgabel gesetzt. Durch Lösen der Arretierschrauben - Griffschraube und Rändelschraube - des oberen Modellträgers war der obere Richtsockel mit dem Sekundärsockel frei beweglich und konnte in die Verkeilung des Primärsockels bündig eingeschoben werden. In dieser Position wurde erst die Rändelschraube, dann die Griffschraube des oberen Modellträgers arretiert (s. Abb. 19 und 20).

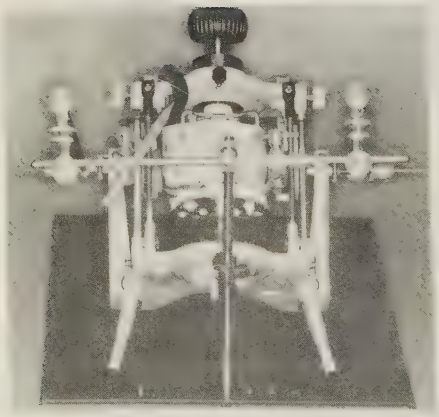


Abb. 19

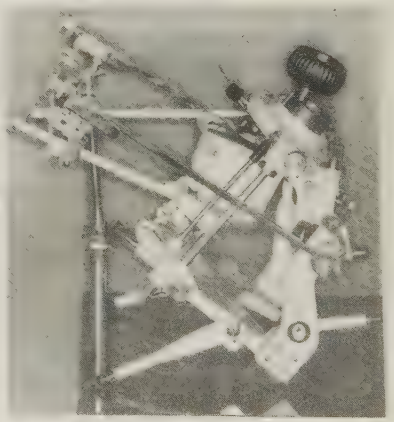


Abb. 20

Anschließend konnte der Gesichtsbogen entfernt werden, und das UK-Modell in das Gerätunterteil eingeschraubt und in maximaler Interkuspidation zum Oberkiefer orientiert werden (s. Abb. 21).

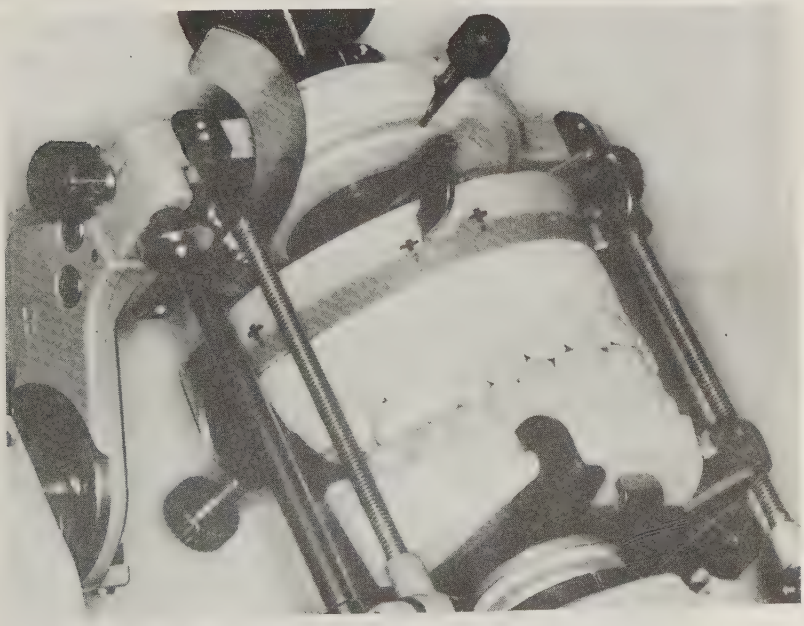


Abb. 21

Übertragung der Meßpunkte

Für die Messungen wurde der Artikulator in die definierte Stellung auf die Montageplatte gestellt und die Rastertransparentplatten in die Schienen geschoben. Mit Hilfe der Justierschrauben am Stativ des Artikulators konnte dieser parallel zu den Rasterhorizontalen austariert werden. Über die Transparentplatten wurden Klarsichtfolien gezogen, auf die durch Anvisieren folgende Punkte übertragen werden mußten:

In der Seitenansicht rechts und links

1. Gelenkwalzenmittelpunkt
2. Orbitalpunkt
3. M1 und M2 des Sekundärsockels
4. Kontaktpunkt Z 31, 41 und disto-buccale Höcker Z 37,47

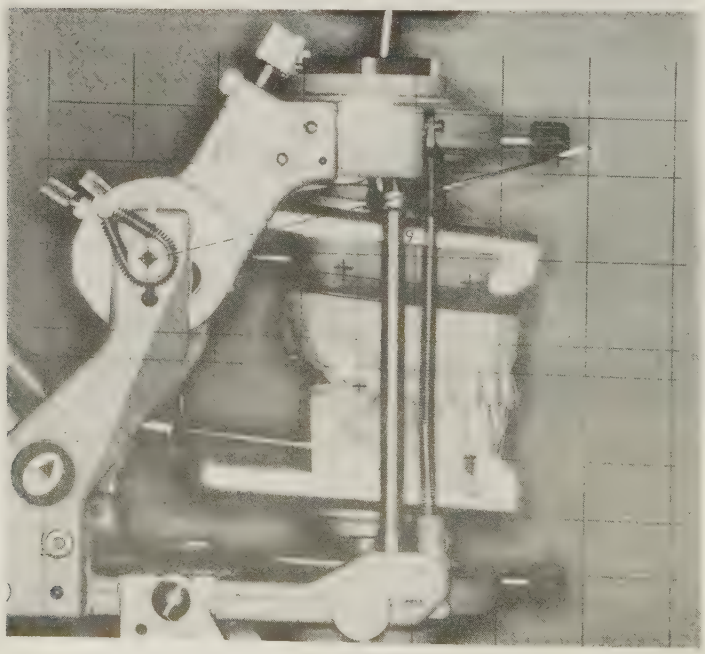


Abb. 22

In der Frontalansicht

1. Gelenkwalzenmittelpunkte rechts und links
2. Gerätemitte
3. M3 und M4 des Sekundärsockels
4. Kontaktpunkt Z 31, 41

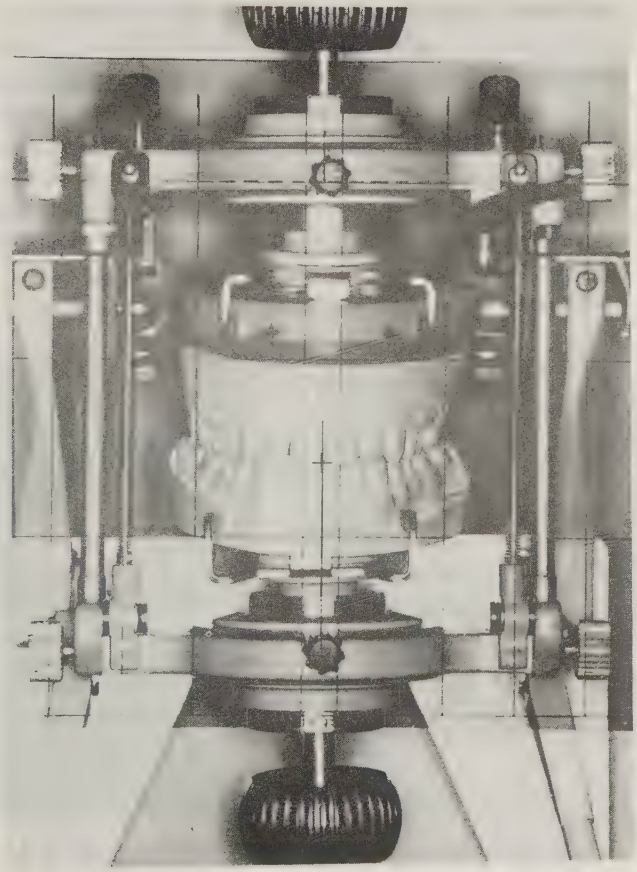
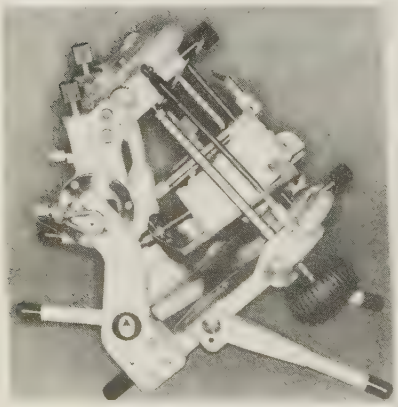


Abb. 23

Nach der Übertragung der Punkte auf die Klarsichtfolien konnte der Artikulator von der Montageplatte genommen, das Gerätoberteil mit dem OK-Modell aufgeklappt werden, und mit einer Schieblehre wurde der Abstand des Kontaktpunktes Z 31, 41 von den Gelenkwalzenmittelpunkten rechts und links direkt gemessen (s. Abb. 12, Seite 30).

Orientierung der Modelle mit der Fundamentwaage

Der obere Modellträger wurde aus dem Gerätoberteil herausgeschraubt und der Instrumententräger mit der Fundamentwaage eingesetzt. Das UK-Modell konnte in der beschriebenen Weise (s. S. 12) an die Flügel der Fundamentwaage herangeführt und mit dieser bilateral symmetrisch in dem Artikulator orientiert werden.



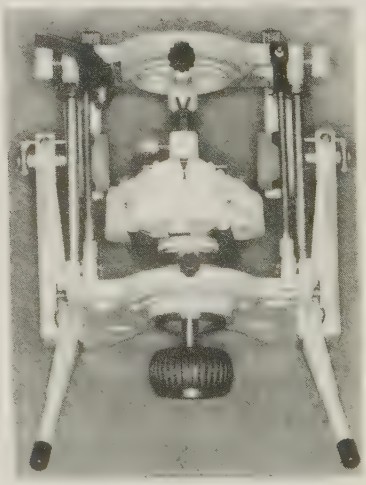


Abb. 24

Das OK-Modell mit Primärsockel wurde in maximaler Interkuspidation zu dem UK-Sockel gesetzt und der obere Richtsockel mit Sekundärsockel in bündigem Kontakt der Keile arretiert.

Übertragung der Meßpunkte

Für die Übertragung der Meßpunkte aus der Modellorientierung unter Anwendung der Fundamentwaage auf die Klarsichtfolien wurde der Artikulator in gleicher Position auf die Montageplatte gestellt. Die Einzeichnung der neuen Meßpunkte erfolgte auf den gleichen Folien, auf denen die Übertragung der Meßpunkte aus der Modellorientierung mit Hilfe des Übertragungsbogens vorgenommen worden war. Dabei mußte darauf geachtet werden, daß die Gerätebezugspunkte (Gelenkwalzenmittelpunkt, Orbitalpunkt, Gerätmitte) mit den entsprechenden Punkten auf den Folien wieder zur Deckung gebracht wurden.
In der Seitenansicht wurden dann die folgenden vergleichbaren Meßpunkte auf die Folien übertragen:
- M1 und M2 des Sekundärsockels
- Kontaktpunkt Z 31, 41 und disto-buccale Höcker Z 37, 47

In der Frontalansicht:
- M3 und M4 des Sekundärsockels
- Kontaktpunkt Z 31, 41

Anschließend konnten die Folien von den Rastertransparentplatten abgelöst und die Punkte auf Millimeterpapier durch Pausung eingezeichnet werden. Auf dem transparenten Millimeterpapier wurden die Messungen der Strecken und Winkel vorgenommen (s. Abb. 10 und 11, Seiten 26, 27).

5. ERGEBNISSE

Die Modelle aller zwanzig Probanden konnten mit der arbiträren Gesichtsbogenübertragung und mit der Fundamentwaage in dem Artikulator GNATHOMAT orientiert werden.
In der Tabelle I (S. 47) werden die einzelnen Meßergebnisse in der Seitenansicht auf die rechte Artikulatorseite, in Tabelle II (S. 48) die Ergebnisse der linken Seite und in Tabelle III die Einzelwerte der Messungen in Frontalansicht auf den Artikulator aufgeführt (S.49).

Ergebnisse der Messungen in der transversalen Ebene

(vgl. Tabelle III, Spalte 11 - 15)

In der Spalte 11 beziehen sich die Werte auf die Verschiebung der Modellmitte um die Artikulatormitte nach rechts (= positive Werte, +) und nach links (= negative Werte, -) bei der Orientierung der Modelle durch die Gesichtsbogenübertragung. Bei Extremen zwischen +3 mm und -3 mm liegt der errechnete Mittelwert der Abweichungen bei +0,25 mm (Standardabweichung σ: 1,09).
Für die Meßpunkte des OK-Sockels (Spalte 16) ergibt sich bei Extremen zwischen -0,5 mm und +0,5 mm ein errechneter Mittelwert der Abweichungen von -0,03 mm (σ: 0,34) bei dem unterschiedlichen Verfahren der Modellorientierung.

I re	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Lfd. Nr. Proband	Winkel: 0°						Strecken: mm						cm Bonwill ▽
	Neigung: OK			Neigung: Kaueb.			sagittal			vertikal			
	γ	γ'	Diff	δ	δ'	Diff	S_a	S_a'	Diff	V_k	V_k'	Diff	
1	114	109	5	101	95	6	46	44	2	15	25	-10	9,9
2	112	107	5	99	96	3	43	42	1	15	23	- 8	10,0
3	109	104	5	103	94	9	44	45	-1	13	26	-13	10,2
4	111	106	5	100	97	3	43	49	-6	15	23	- 8	11,0
5	104	105	-1	100	97	3	40	33	7	15,5	20,5	- 5	10,2
6	112	108	4	102	100	2	40	39	1	14	17	- 3	10,8
7	114	112	2	102	103	-1	45	43	2	14	19	- 5	9,9
8	107	99	8	102	94	8	41	33	8	14	25	-11	9,6
9	109	101	8	101	96	5	45,5	46	-0,5	14,5	23	- 8,5	9,8
10	109	107	2	103	98	5	36	31	5	14,5	22	- 7,5	9,8
11	114	104	10	102	94	8	44	39	5	15	25	-10	10,5
12	107	98	9	101	94	7	36	38	-2	14	24	-10	10,9
13	109	103	6	102	97	5	40	43	-3	14,5	24	- 9,5	9,8
14	109	109	0	101	100	1	41	40	1	15	21,5	- 6,5	10,0
15	105	102	3	104	97	7	41	43	-2	13,5	23	- 9,5	9,6
16	114	108	6	102	97	5	41	41	0	14,5	22	- 7,5	10,1
17	109	106	3	100	95	5	41	44	-3	15	25	-10	10,6
18	111	109	2	102	99	3	41	40	1	14,5	23	- 8,5	10,1
19	114	108	6	102	96	6	43	39	4	15	23	- 8	10,6
20	112	100	12	102	95	7	42	34	8	14	23	- 9	9,8
Mittelwert $\bar{x}$	110,3	105,3	5,0	101,6	96,7	4,9	41,7	40,3	1,4	14,5	22,9	- 8,4	10,16
Stdd-abw. σ	3,06	3,8	3,31	1,19	2,39	2,56	2,68	4,74	3,84	0,62	2,16	2,28	0,43
$\bar{m}$ %	2,8	3,6		1,2	2,5		6,4	11,8		4,26	9,5		4,2

II li	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Lfd. Nr. Pro-band	Winkel: 0° Neigung:OK γ	γ'	Diff	Neigung:Kaueb δ	δ'	Diff	Strecken: mm sagittal S_a	$S_{a'}$	Diff	vertikal V_k	$V_{k'}$	Diff	cm Bon-will ▽
1	116	106	10	100	95	5	49	47	2	19	30	-11	10,1
2	112	108	4	100	96	4	48	47	1	18,5	25,5	- 7	10,0
3	113	106	7	98	98	0	48	44	4	21	24	- 3	10,2
4	110	107	3	100	97	3	48	53	-5	20	27	- 7	11,2
5	105	104	1	99	97	2	48	39	9	21	27	- 6	10,5
6	110	107	3	99	99	0	48	49,5	-1,5	20	24	- 4	11,0
7	111	108	3	103	102	1	48	44	4	18,5	23	- 4,5	9,9
8	107	101	6	104	102	2	42	38	4	19	26	- 7	9,6
9	110	102	8	99	92	7	47	49	-2	20	30	-10	9,8
10	108	107	1	101	103	-2	47	40	7	19	22	- 3	9,7
11	111	100	11	100	95	5	47	42	5	19	29	-10	10,4
12	102	100	2	100	98	2	48	42	6	18,5	25	- 6,5	10,9
13	111	105	6	102	99	3	50	48	2	19	26	- 7	9,8
14	110	103	7	98	97	1	49	45,5	3,5	20	26	- 6	9,8
15	115	109	6	103	100	3	45	42	3	18	23	- 5	9,6
16	108	106	2	99	98	1	48	46	2	20	23	- 3	10,2
17	108	101	7	100	98	2	49	50	-1	18,5	26	- 7,5	10,6
18	110	109	1	102	99	3	49	46	3	18	24	- 6	10,1
19	111	104	7	100	98	2	47	42	5	19	25,5	- 6,5	10,3
20	108	99	9	98	96	2	49	44	5	21	27	- 6	9,8
Mit-tel-wert $\bar{x}$	109,8	104,8	5,2	100,3	97,9	2,3	47,7	44,9	2,4	19,4	25,7	- 6,3	10,1
Stdd-abw. σ	3,17	3,2	3,2	1,74	2,6	2,0	1,72	3,9	3,62	0,96	2,27	2,25	0,4
$\bar{m}$ %	2,9	3,1		1,7	2,7		3,6	8,7		4,9	8,8		4,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Winkel: 0°						Strecken: mm								
Neigung: OK						vertikal			transversal					
α	α'	$\alpha\alpha'$	β	β'	$\beta\beta'$	V_S	$V_{S'}$	Diff	$T_{3'}$	T_1	T_2	$T_{1'}$	$T_{2'}$	T-T'
90	90	0	90	90	0	27,5	32	-4,5	+3	9,5	10,0	11,5	7,5	+0,5
88	90	-2	92	90	+2	26	31	-5	0	9,0	8,5	9,0	8,0	-0,5
93	88	5	87	92	-5	27	30	-3	0	9,0	10,0	9,5	9,5	0
91	90	1	84	90	-6	27	32	-5	0	8,5	10	10,5	8,0	0
92	86	6	89	93	-4	26	30	-4	+3	7,5	11,0	11,0	8,0	+0,5
92	88	4	88	92	-4	27	29	-2	+2	9,0	9,0	7,0	11,0	0
90	91	-1	90	89	+1	27	32	-5	-2	7,0	12,0	8,5	11,0	-0,5
92	90	2	88	90	-2	28	33	-5	-3	9,5	8,5	10,5	7,5	0
90	93	-3	90	86	+4	27	29	-2	+2	9,0	8,5	7,0	10,0	+0,5
98	94	4	83	87	-4	26,5	31	-4,5	-1	9,0	9,0	9,0	9,0	0
95	92	3	86	88	-2	26	29	-3	+1	7,0	11,0	9,0	9,0	0
90	90	0	90	90	0	26	31	-5	+1	9,5	8,5	7,5	11,5	0
91	88	3	88	94	-6	27	32	-5	-1	9,5	10,0	11,0	8,0	+0,5
90	95	-5	90	85	+5	26,5	32	-5,5	0	9,0	9,0	8,0	10,0	0
90	90	0	90	90	0	26	30	-4	0	9,0	9,0	10,0	8,0	0
90	90	0	90	90	0	26	29	-3	+1	9,0	9,0	10,0	8,0	0
90	94	-4	90	86	4	27	32	-5	-1	9,0	9,0	8,0	10,0	0
90	93	-3	90	87	3	26	31,5	-5,5	0	8,0	11,0	11,0	8,0	0
97	90	7	83	90	-7	26	30	-4	0	7,0	11,0	10,0	8,0	0
93	93	0	87	87	0	26	28	-2	0	8,0	10,0	8,0	10,0	0
91,6	90,8	0,85	88,3	89,3	-1,05	26,6	30,7	-4,1	+0,25	8,6	9,7	9,3	9,0	-0,03
2,54	2,36	3,36	2,55	2,43	3,63	0,61	1,39	1,19	1,09	0,87	1,06	1,41	1,28	0,34
2,8	2,6		2,9	2,7		2,3	4,6			10,1	10,9	15,2	14,2	

In den Spalten 1 - 7 der Tabelle III sind die Meßergebnisse der Neigung der Modelle in der transversalen Ebene aufgeführt. Gemessen wurden die Winkel zwischen der geraden Verbindung der Meßpunkte M3 und M4 und den in den Gelenkwalzenmittelpunkten errichteten Senkrechten (vgl. Abschn. 3.5., S.26).
Die errechneten Mittelwerte betragen bei der Orientierung der Modelle mit der Fundamentwaage für die rechte Seite α: 91,6°, für die linke Seite β: 88,3° (σ: 2,5).
Bei Modellorientierung mit Hilfe des Übertragungsbogens:
α' : 90,8° (σ: 2,56); β': 89,3° (σ:2,43)
Die Abweichungen bei dem unterschiedlichen Verfahren ergeben für den Winkel α bei Extremen zwischen -5° und +7° einen Mittelwert von 0,85° (σ: 3,36) und für den Winkel β : -1,05° (σ: 3,63) bei Extremen zwischen -7° und +5°.

Ergebnisse der Messung in der sagittalen Ebene

Bei der Orientierung der Modelle mit der Fundamentwaage beträgt der direkte Abstand des Kontaktpunktes Z31, Z 41 zum Gelenkwalzenmittelpunkt bei allen Modellen 10,0 cm. Die Ergebnisse dieses Abstandes bei der Modellorientierung durch den Übertragungsbogen sind in der Spalte 13 der Tabellen I und II aufgeführt. Der errechnete Mittelwert aus der Meßreihe der rechten Seite beträgt 10,16 cm (σ: 0,43) für den o. g. Abstand bei Extremen zwischen 9,6 cm und 11,0 cm; auf der linken Seite 10,18 cm (σ: 0,47) bei Extremen zwischen 11,2 cm und 9,6 cm.
Die Meßergebnisse des sagittalen Abstandes des Meßpunktes M1 des Sekundärsockels zu der in dem Gelenkwalzenmittelpunkt errichteten Senkrechten S.O.S. sind in den Spalten 7, 8, 9 der Tabellen I und II aufgeführt.

Als errechneter Mittelwert ergibt sich für die Differenz der zu vergleichenden Strecken bei dem unterschiedlichen Verfahren der Modellorientierung ein Wert von 1,4 mm (σ: 3,84) für die rechte Seite und 2,4 mm (σ: 3,62) für die linke Seite.

Die Spalten 1 - 6 der Tabellen I und II beinhalten die Meßergebnisse über die Neigung der Modelle in dorsal-ventraler Richtung.

Bei der Orientierung der Modelle mit der Fundamentwaage ergibt sich für die Neigung des OK-Modellsockels ein errechneter Mittelwert für die rechte Seite von 110,3° (Extreme: 107° - 114°, σ: 3,06), für die linke Seite 109,8° (Extreme: 105° - 116°, σ: 3,17).

Der entspechende Mittelwert für den vergleichbaren Winkel aus der Gesichtsbogenübertragung beträgt für die rechte Seite 105,3° (Extreme: 98° - 110°, σ: 3,8) und für die linke Seite 104,6° (Extreme: 99° - 109°, σ:3,2).

Die Abweichung zwischen dem Wert aus der Fundamentwaagenorientierung und der Gesichtsbogenübertragung beläuft sich im Mittel auf 5° (σ:3,31) für die rechte Seite, und 5,2° (σ: 3,1) für die linke Seite, bei Extremen zwischen 2° und 11°.

In den Spalten 4, 5, 6 der Tabellen I und II werden die Ergebnisse über den Neigungswinkel der Kauebene zur Scharnierachsen-Orbitalsenkrechten (S.O.S.) wiedergegeben. Der errechnete Mittelwert (Fundamentwaagen-Orientierung) beträgt für die rechte Seite 101,6° (Extreme: 99° - 104°, σ: 1,19), für die linke Seite 100,25° (Extreme: 98° - 104°, σ: 1,74).

Bei der Gesichtsbogenübertragung ergibt sich für diesen Winkel auf der rechten Seite ein errechneter Mittelwert von 96,7° (Extreme: 94° - 103°, σ: 2,39), auf der linken Seite 97,9° (Extreme: 96° - 103°, σ: 2,6). Die Differenz dieser

Winkel bei dem unterschiedlichen Verfahren der Modellorientierung beträgt 4,9° (σ: 2,5) auf der rechten Seite und 2,3° (σ: 2,0) auf der linken Seite.

Ergebnisse der Messungen in der vertikalen Ebene

Die Einzelwerte dieser Meßreihe sind in den Spalten 10, 11, 12 der Tabellen I und II und in den Spalten 8, 9, 10 der Tabelle III angegeben.
Auf der rechten Seite beträgt der senkrechte Abstand der verlängerten Kauebene zum Gelenkwalzenmittelpunkt als errechneter Mittelwert 14,5 mm (Extreme: 13,0 mm - 15,5 mm, σ: 0,62) bei der Orientierung der Modelle mit der Fundamentwaage.
Bei Verwendung des Übertragungsbogens ergibt sich für diese Strecke ein Mittelwert von 22,9 mm (Extreme: 17 mm - 25 mm, σ: 2,16).
Daraus errechnet sich eine mittlere Differenz für diese Werte bei dem unterschiedlichen Vorgehen der Modellorientierung auf der rechten Seite von -8,4 mm (Extreme: -3 mm und -13 mm, σ: 2,28). Auf der linken Seite beträgt der vergleichbare Wert -6,3 mm (Extreme: -3 mm und -11 mm, σ : 2,25). Der negative Wert besagt, daß der Abstand der verlängerten Kauebene zum Gelenkwalzenmittelpunkt bei Verwendung der Fundamentwaage kleiner ist als der infolge der Gesichtsbogenübertragung ermittelte Abstand.
In Frontalansicht auf den Artikulator (Tabelle III, Spalten 8, 9, 10) beläuft sich der vertikale Abstand des Kontaktpunktes Z 31, 41 zu der auf gleiche Ebene verschobene Gelenkwalzenmittelpunkt-Geraden im errechneten Mittel auf 26,6 mm (Extreme: 26 mm - 28 mm, σ: 0,61) bei Verwendung der Fundamentwaage.
Für die Gesichtsbogenübertragung beträgt der errechnete

Mittelwert 30,7 mm (Extreme: 28 mm - 32 mm, σ: 1,39). Zwischen beiden vergleichbaren Werten ergibt sich eine Differenz als Mittelwert der vorgenommenen Messungen von -4,1 mm (Extreme: -2 mm und -5,5 mm, σ: 1,19).

6. AUSWERTUNG

Transversale Ebene

Der errechnete Mittelwert für die Abweichungen in der transversalen Ebene (+0,25 mm UK-Meßp. und -0,03 mm OK-Meßp.) ist sehr gering und zeigt, daß die Modelle in dem Artikulator GNATHOMAT durch die Fundamentwaage vergleichbar der individuellen Stellung der Zahnreihen zur Medianebene des Patienten orientiert sind. Ebenfalls konnten für die Neigungswinkel der Modelle in der transversalen Ebene bei dem unterschiedlichen Verfahren keine nennenswerten Abweichungen festgestellt werden.

Sagittale Ebene

In der Sagittalen ergibt sich durch die Fundamentwaagenorientierung ein Abstand des Kontaktpunktes Z 31, 41 zu den Gelenkwalzenmittelpunkten von 10,0 cm. Dieser Wert entspricht dem von BONWILL im Rahmen seiner Untersuchungen ermittelten Abstand (vgl. Bonwill'sches Dreieck, Seitenlänge 10 cm, s. Abschn. 3., S. 30) und weicht nur sehr geringfügig von dem errechneten Mittelwert (10,16 cm rechts und 10,18 cm links) der mit Hilfe des Übertragungsbogens orientierten Modelle ab.
Die Untersuchung über die Neigung der Modelle in dorsaler-ventraler Richtung zeigen eine Abweichung in der Hinsicht,

daß die Neigung der Modelle nach Orientierung mit dem Übertragungsbogen abweichend von der Fundamentwaagen-Orientierung bei den OK-Meßpunkten um 5° und bei der Kauebene um 4,8° steiler zu der gewählten Bezugsebene war. Auf die hohe Standardabweichung mit σ: 3,3 bzw. σ: 2,5 durch die große individuelle Variationsbreite dieser Werte muß einschränkend bei der Beurteilung über das Ausmaß dieser Abweichungen hingewiesen werden.

Vertikale Ebene

Die Untersuchungen in der vertikalen Ebene zeigen, daß bei allen untersuchten Fällen der senkrechte Abstand sowohl des Kontaktpunktes Z 31, 41 zu der gewählten Bezugsebene als auch der senkrechte Abstand der verlängerten Kauebene zum Gelenkwalzenmittelpunkt bei Verwendung des Gesichtsbogens größer war als bei dem Vorgehen mit der Fundamentwaage.
Der Kontaktpunkt Z 31, 41 liegt bei Anwendung des Gesichtsbogens um 4,1 mm tiefer, und der senkrechte Abstand der verlängerten Kauebene zum Gelenkwalzenmittelpunkt ist im Mittel um 8,4 mm rechts und 6,3 mm links größer als bei der Orientierung der Modelle durch die Fundamentwaage.

Graphische Darstellung

Außer in der vorgenommenen zahlenmäßigen Gegenüberstellung der Meßergebnisse ist durch das im Abschnitt 3.5 (Seite 33) erwähnte Übereinanderlegen der Klarsichtfolien eine weitere Möglichkeit für die Auswertung der Untersuchungen gegeben.
In der Abbildung 26 sind die übereinandergeschichteten Folien dargestellt.

Abb. 26

In der Abbildung 27 sind die Meßpunkte von zehn Probanden auf eine Folie zusammen übertragen worden. Es handelt sich dabei um die Frontalansicht auf dem Artikulator.

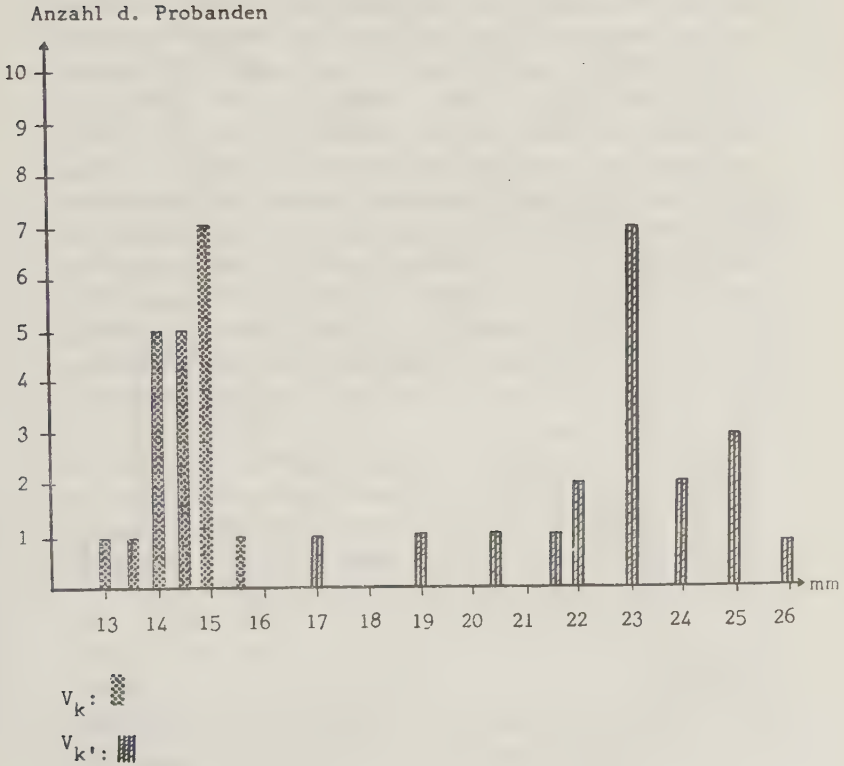
Abb. 27

In der Abbildung 28 sind die Meßpunkte in der Seitenansicht auf den Artikulator von zehn Probanden auf eine Folie zusammen übertragen worden.

Abb. 28

In dieser Form der Darstellung werden die Übereinstimmungen der Meßpunkte in der transversalen und in der sagittalen Ebene deutlich, da die durch Anwendung des Gesichtsbogens bestimmten Meßpunkte sehr dicht um die entsprechenden Meßpunkte aus der Modellorientierung durch die Fundamentwaage streuen. In der vertikalen Ebene können die aus den Meßreihen ermittelten Abweichungen sichtbar gemacht werden; dabei wird die Tendenz offensichtlich, daß die Kauebene nach der Orientierung der Modelle mit dem Gesichtsbogen insgesamt tiefer liegt und nach distal stärker geneigt ist, als es dem Verlauf der Kauebene duch Anwendung der Fundamentwaage entspricht.

Diese Abweichung in der vertikalen Ebene wird in dem Schaubild schematisch dargestellt.



7. DISKUSSION

7.1 Methodik der Untersuchung

Das entwickelte Meßverfahren in dieser Untersuchung erlaubt einen Vergleich zwischen den unterschiedlichen Lagen von Gebißmodellen in dem Artikulator GNATHOMAT als Folge der verschiedenen Orientierungspraktiken; denn es wurde bei der Modellherstellung ein für alle Modelle identisches Sockelsystem angewandt, und die Meßpunkte aller Untersuchungsreihen wurden unter standardisierten Bedingungen auf Folien übertragen und ausgewertet.
Die als Winkel und Strecken gemessenen Einzelwerte können nicht als Absolutwerte angesehen werden, da sie sich auf die Untersuchungsanordnung beziehen und projektionsbedingt von den tatsächlichen Werten abweichen. Sie können als Richtungsangaben und Tendenzen interpretiert werden, insofern als ihre Übereinstimmungen oder Abweichungen in Form von Differenzen Aussagen über das Maß der Unterschiede bei den geschilderten verschiedenen Orientierungsverfahren der Modelle erlauben.
Da der sagittale Abstand des Kontaktpunktes Z 31, 41 von den Gelenkwalzenmittelpunkten mit einer Schieblehre direkt an dem Artikulator gemessen wurde, kann dieser Wert als unabhängig von der Meßanordnung und den tatsächlichen Gegebenheiten entsprechend beurteilt werden.

7.2 Ergebnisse

Zu Beginn der Diskussion der Ergebnisse soll noch einmal betont werden (vgl. Abs. 2., S. 4), daß die Steuerungselemente des Artikulators GNATHOMAT unabhängig von der Orientierung der Modelle individuell auf die Gleitbahn einge-

stellt werden können; d. h. sind die Modelle unter Berücksichtigung der Geometrie des Gerätes in dem Artikulator orientiert worden, so ist die Einstellung der Steuerungselemente auf die individuelle Gleitbahn und eine Reproduktion der Unterkieferbewegungen auch dann gegeben, wenn sich die Modelle in anderer räumlicher Position zu den Steuerungselementen des Artikulators befinden, als es den natürlichen räumlichen Verhältnissen der Kiefer eines Patienten zu seinen Gelenken entsprechen würde.

Die Orientierung der Modelle mit der Fundamentwaage in dem Artikulator GNATHOMAT entspricht grundsätzlich nicht einer Mittelwertorientierung, wie sie für sogenannte Mittelwertartikulatoren gebräuchlich ist.

Das nachgewiesene hohe Maß an Übereinstimmung bei den unterschiedlichen Verfahren der Modellorientierung hinsichtlich der transversalen und sagittalen Ebene zeigt jedoch, daß die Modelle in dem Artikulator GNATHOMAT mit der Fundamentwaage in Bezug auf diese beiden Ebenen in einer Position orientiert werden, die mit großer Annäherung einer durch die Gesichtsbogenübertragung individuell bestimmten Lage gleich kommt.

Eine Erklärung für die Übereinstimmung in der transversalen Ebene ist darin zu sehen, daß die Fundamentwaage das UK-Modell gerätebezogen bilateralsymmetrisch zur Artikulatormitte orientiert, und diese Ebene - durch Übertragung der Oberkiefermitte auf das UK-Modell (s. S. 35 , Abbild. 15) - mit der Medianebene des Patienten übereinstimmt. Durch dieses Verfahren wird die Orientierung der Modelle unter Berücksichtigung der Schädelkoordinaten vorgenommen. Außerdem ermöglicht dieses Vorgehen eine Analyse der Zahnbögen in dem Artikulator auf etwaige Mittellinienverschiebungen.

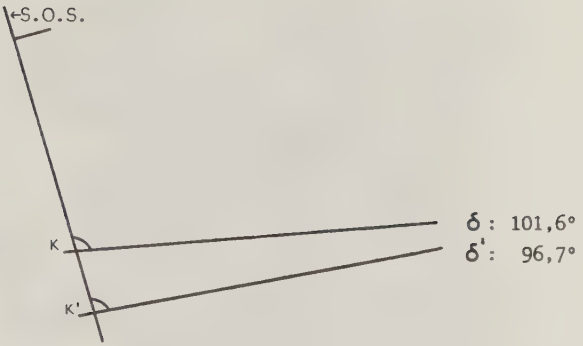
Bei der Gesichtsbogenübertragung ist die korrekte Plazierung

des OK-Modelles in der Artikulator-Mitte abhängig von der zentrischen Anlage der Bißgabel an die obere Zahnreihe. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die ermittelten minimalen Abweichungen in der transversalen Ebene auch in einer geringgradigen Mittellinienverschiebung der Zahnbögen begründet sein können.

In der sagittalen Ebene ergibt die Orientierung der Modelle mit der Fundamentwaage einen konstanten Abstand des Kontaktpunktes Z 31, 41 zu dem Gelenkwalzenmittelpunkt von 10,0 cm. Diese Gerätekonstante entspricht dem von BONWILL im Rahmen seiner Untersuchungen ermittelten Wert für die durchschnittliche Schenkellänge des nach ihm benannten gleichseitigen Dreiecks. Bei fast allen Mittelwertartikulatoren findet die Orientierung der Modelle in der sagittalen Ebene in Anlehnung an das Bonwill'sche Dreieck statt. Diese Untersuchung zeigt, daß bei der Modellorientierung in dem Artikulator GNATHOMAT mit Hilfe der Gesichtsbogenübertragung der sagittale Abstand unwesentlich von dem durch die Fundamentwaagen-Orientierung gegebenen Wert abweicht, und der errechnete Mittelwert dieser Untersuchung dem von BONWILL bestimmten Mittelwert nahezu entspricht.

Bei allen untersuchten Fällen zeigen sich Abweichungen in der vertikalen Ebene in der Form, daß die mit Hilfe der Gesichtsbogenübertragung festgelegte Kauebene in jedem Fall tiefer liegt als der durch die Fundamentwaage definierte Verlauf der Kauebene. Das Ausmaß der Abweichung läßt sich dahingehend differenzieren, daß der Unterschied im frontalen Bereich 3 - 4 mm beträgt, nach dorsal größer wird, und in Höhe der Gelenkwalzenmittelpunkte beträgt die Differenz 6 - 8 mm.

Die sich daraus ergebende Kippung der Kauebene wird durch den ermittelten spitzeren Neigungswinkel im sagittalen Verlauf der Kauebene bestätigt.



Eine direkt an dem Artikulator vorgenommene Messung ergibt für den senkrechten Abstand der verlängerten Kauebene von dem Gelenkwalzenmittelpunkt bei der Orientierung der Modelle mit der Fundamentwaage einen Wert von 2,5 cm (s. Abb. 29 und 30, S.62/63). Bei dem Vorgehen mit dem Übertragungsbogen ist der Abstand um 6 - 8 mm größer und liegt bei allen Probanden zwischen 3,1 cm und 3,3 cm.

An den von GYSI entwickelten Artikulatoren sind auf Grund seiner Untersuchungen an den Rückteilen der Artikulatoren "Nasen" angebracht, die den Verlauf der Kauebene in einer mittleren Höhe von 3,4 cm zu den Gelenkmittelpunkten festlegen (A. GYSI, 11).

In dem Artikulator "Condylator" von A. GERBER (9) sind für die Mittelwertorientierung der Modelle Markierungen in die Seitenteile eingekerbt, durch welche die Lage der Kauebene in einem mittleren Abstand von 3,1 cm zu den Gelenken bestimmt wird.

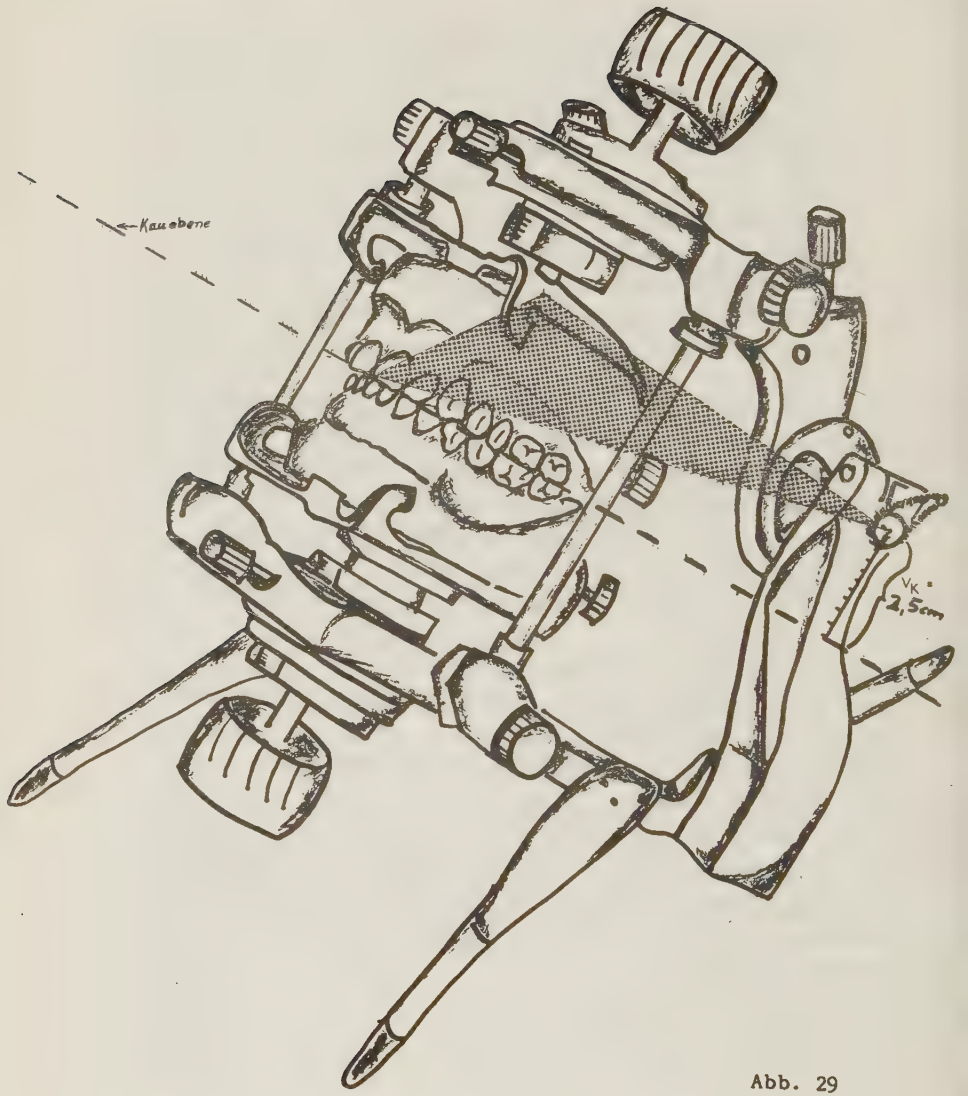


Abb. 29

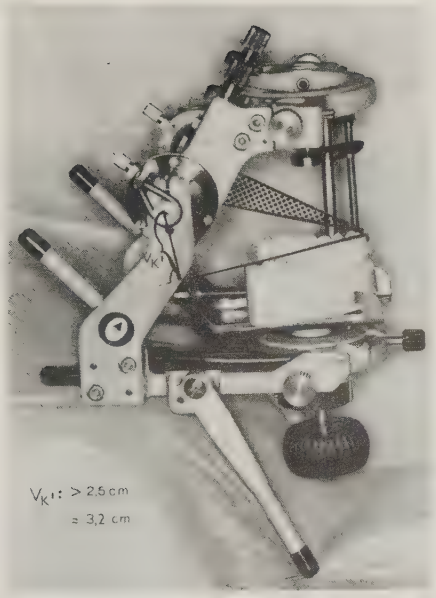


Abb. 30

Diese beiden genannten Mittelwerte (A. GYSI: 3,4 cm; A. GERBER: 3,1 cm), die als Gerätekonstante in den jeweiligen Artikulatorkonstruktionen berücksichtigt sind, erfassen den Bereich, der im Rahmen dieser Untersuchung für den vertikalen Abstand der Kauebene von den Gelenkwalzenmittelpunkten ermittelt wurde.
Sie unterstützen somit die festgestellte Abweichung hinsichtlich der vertikalen Ebene bei dem unterschiedlichen Vorgehen der Modellorientierung.

7.3 Kontrolle der Ergebnisse durch einen alternativen Untersuchungsgang

Die Ergebnisse dieser Arbeit werden durch eine weitere Untersuchungsanordnung, die an fünf Probanden durchgeführt wurde, verifiziert.

Die Modellherstellung erfolgte wie im Abschnitt 3.4, Seite 20, beschrieben wird. Für den weiteren Untersuchungsablauf wurde zusätzlich ein oberer Modellträger mit Richtsockel und einem zweiten eingeschraubten Sekundärsockel, der mit dem zuerst hergestellten Sekundärsockel identisch war, vorbereitet.

Bei der Modellorientierung in dem Artikulator wurde wie folgt verfahren:

1. Orientierung der Modelle unter Verwendung der Fundamentwaage
2. Oberer Richtsockel I mit Modellträger und Sekundärsockel I an Primärsockel des OK-Modelles adaptiert und durch Feststellen der Rändel- und Griffschraube in dieser Stellung fixiert
3. Oberer Richtsockel I in unveränderter Position aus 2. durch Lösen der seitlichen Arretierungsschrauben aus dem Gerätoberteil entnommen
4. Anlage des Übertragungsbogens an dem Artikulator
5. Einartikulieren des OK-Modelles mit Fixierung an dem Richtsockel und Modellträger II am Gerätoberteil
6. UK-Modell in habitueller Interkuspidation zum OK-Modell orientiert und in dieser Position arretiert
7. Auswechseln der oberen Richtsockel mit Modellträger und eingeschraubten Sekundärsockeln
8. Einsetzen des Richtsockels I (aus Fundamentwaagen-Orientierung) in das Gerätoberteil
9. Ausgießen des Spaltes zwischen Sekundärsockel und Primärsockel des OK-Modelles mit Autopolymerisat

In den Abbildungen 31 und 32 ist das Resultat dieses Untersuchungsganges in der Seitenansicht und in der Frontalansicht auf den Artikulator dargestellt.

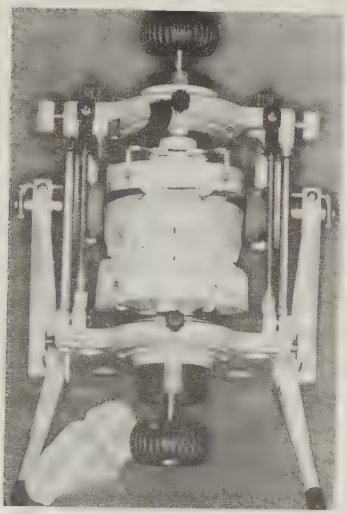


Abb. 31

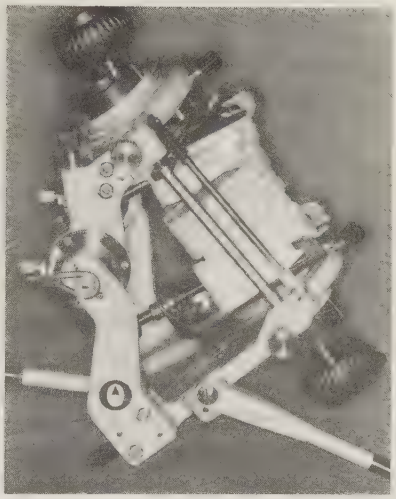


Abb. 32

In der Abbildung 33 sind zwei Ausgüsse der Spalten aus den Untersuchungen zweier Probanden dargestellt.

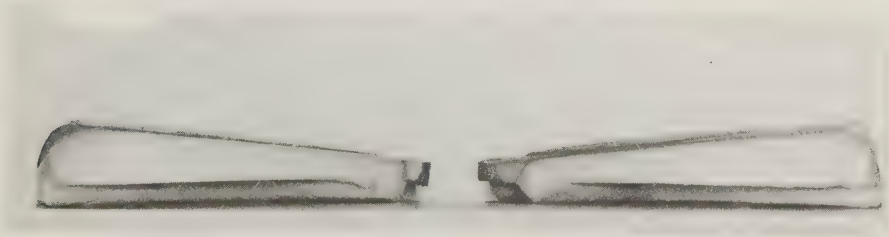


Abb. 33

Durch dieses Vorgehen konnte ein direkter Vergleich der beiden unterschiedlichen Verfahren zur Modellorientierung bei einem Probanden vorgenommen werden, da die Lage der Modelle aus der Gesichtsbogenübertragung zusammen mit der durch die Fundamentwaagen-Orientierung definierten Position des oberen Richtsockels mit dem Sekundärsockel gleichzeitig in dem Artikulator untersucht wurden.
Wie die Abbildungen in der Seitenansicht und der Frontalansicht auf den Artikulator GNATHOMAT und die Aufnahme des in Kunststoff ausgegossenen Spaltes zeigen, werden die zuvor festgestellten Übereinstimmungen hinsichtlich der sagittalen und der transversalen Ebene durch diese Art der Untersuchung bestätigt. Ebenso wird die Neigung der Kauebene und die insgesamt tiefere Lage der Modelle nach der Gesichtsbogenübertragung deutlich.
In der Abbildung 34 sind beide Untersuchungsverfahren im Hinblick auf ihr übereinstimmendes Ergebnis zusammen dargestellt.

Abb. 34

An drei Probanden wurde der im Hauptteil der Arbeit beschriebene Untersuchungsgang zweimal wiederholt. Bei diesem zur Kontrolle dienenden Vorgehen konnten keine Unstimmigkeiten zu dem zuerst durchgeführten Untersuchungsgang festgestellt werden.

7.4 Orientierung der Modelle von Patienten mit Gebißfehlentwicklungen

Die Modelle aller Probanden mit Gebißfehlentwicklungen konnten sowohl mit der Fundamentwaage als auch durch die arbiträre Gesichtsbogenübertragung in dem Artikulator GNATHOMAT orientiert werden.
Die im Rahmen dieser Arbeit errechneten Mittelwerte werden den Meßergebnissen dieser Einzeluntersuchungen gegenübergestellt (vgl. Tabelle IV, V, VI, S. 68,69).
Mit Ausnahme der Meßergebnisse der Streckenmessungen in der transversalen und vertikalen Ebene sind keine größeren Abweichungen festzustellen, als sie nicht auch bei den zuvor untersuchten Fällen aufgetreten waren.
Die unverhältnismäßig großen Abweichungen in der transversalen Ebene ergeben sich aus der gnathisch bzw. alveolär bedingten Mittellinienverschiebung des Patienten mit dem Kopfbiß und dem Probanden mit tiefem Biß und seitlichem Kreuzbiß links.
Bei dem Patienten mit dem frontal offenen Biß erklärt sich die große Abweichung in der vertikalen Ebene durch den 4 mm Abstand der Schneidekanten der Frontzähne bei maximaler Schlußbißstellung der Zahnreihen.

IV re	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Winkel: 0°						Strecken: mm						cm
	Neigung: OK			Neigung: Kaueb.			sagittal			vertikal			Bonwill ▽
	γ	γ'	Diff	δ	δ'	Diff	S_a	S_a'	Diff	V_k	V_k'	Diff	
Mittelwert d. Untersuchg.	110,3	105,3	5,0	101,6	96,7	4,9	41,7	40,3	1,4	14,5	22,9	- 8,4	10,16
Deckbiß	104	106	-2	101	93	8	45	39	6	15	26	11	9,4
Kreuzbiß	103	99,5	3,5	101	95	6	38	40	-2	15	22	7	9,5
Kopfbiß	106	105,5	0,5	103	99,5	3,5	37	41	-4	15	19	4	10,6
offener Biß	105	102	3	102	90	12	41	50	-9	14,5	31	16,5	10,9
V li													
Mittelwert d. Untersuchg.	109,8	104,6	5,2	100,3	97,9	2,3	47,7	44,9	2,4	19,4	25,7	- 6,3	10,18
Deckbiß	110	101	9	102	94	8	48	46	2	18,5	29	9	9,6
Kreuzbiß	107	100	7	101	99	2	45	49	-4	18	21	3	9,8
Kopfbiß	109	100,5	8,5	102,5	104	-1,5	41	40,5	0,5	19	20	1	10,1
offener Biß	104	102	2	98	95	3	46	52	-6	19	32	13	10,3

VI fro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Winkel: 0°						Strecken: mm								
	Neigung: OK						vertikal			transversal					
	α	α'	$\alpha\text{-}\alpha'$	β	β'	$\beta\text{-}\beta'$	V_S	$V_{S'}$	Diff	$T_{3'}$	T_1	T_2	$T_{1'}$	$T_{2'}$	T - T'
Mittel-wert d. Unter-suchg.	91,6	90,8	0,85	88,3	89,3	-1,05	26,6	30,7	-4,1	+0,25	8,6	9,7	9,3	9,0	-0,03
Deck-biß	94	95	-1	86	85	1	26	34	-8	+2	10	9	9	10	0
Kreuz-biß	93	92	1	92	87	5	26	26	0	-3	9	10	10	9	0
Kopf-biß	91	87	4	89	93	-4	26	30	-4	+5	10	8	6	12	0
offe-ner Biß	92	90	2	88	90	-2	26	31	-5	0	9	9	9	9	0

8. ZUSAMMENFASSUNG

An dem Artikulator GNATHOMAT wurden Referenzen angebracht, die eine Anlage eines Übertragungsbogens ermöglichten.

Die Modelle der insgesamt 29 untersuchten Fälle konnten alle mit Hilfe einer arbiträren Gesichtsbogenübertragung in dem GNATHOMATen orientiert werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden für die Modellherstellung und für die Meßanordnung Verfahren entwickelt, die eine vergleichende Untersuchung möglich machten.

Die Modelle wurden einmal unter Anwendung der Fundamentwaage nach SCHEIDT und zum anderen mit Hilfe einer arbiträren Gesichtsbogenübertragung in dem Artikulator orientiert. Die Meßergebnisse aus den unterschiedlichen Verfahren konnten zahlenmäßig einander gegenübergestellt, statistisch ausgewertet und graphisch dargestellt werden.

Bei der Orientierung der Modelle in dem Artikulator GNATHOMAT mit der Fundamentwaage ist grundsätzlich keine Mittelwertorientierung vorgegeben.

Als ein Ergebnis dieser Untersuchung kann die Feststellung gelten, daß die Orientierung der Modelle mit der Fundamentwaage in der **sagittalen** und in der **transversalen** Ebene einer Mittelwertorientierung nahe kommt.

In der **vertikalen** Ebene ergaben sich in den durchgeführten Untersuchungen Abweichungen, die sich als eine signifikante Tendenz darstellten.

Bei der Modellorientierung mit Hilfe der Gesichtsbogenübertragung lag der Kontaktpunkt Z 31, 41 um 3 - 4 mm tiefer als bei dem Vorgehen mit der Fundamentwaage. Nach dorsal wurde der Unterschied größer und betrug in der Verlängerung der Kauebene bis in Höhe der Gelenkwalzenmittelpunkte 6 - 8 mm.

Durch eine Änderung der Fundamentwaage in der vertikalen Ebene, wobei die Kauebene insgesamt 4 mm tiefer liegt und im Verlauf nach dorsal geneigt sein müßte, erscheint eine der Mittelwertorientierung vergleichbare Modellmontage mit der Fundamentwaage möglich.
Dabei sollte darauf hingewiesen werden, daß in dem Artikulator GNATHOMAT die frei beweglichen Steuerungselemente die Reproduktion der individuellen Unterkieferbewegungen ermöglichen, ohne auf ein exaktes räumliches Orientieren der Modelle entsprechend den individuellen Bezugspunkten eines Patienten angewiesen zu sein.

9. LITERATUR

(1) BALTERS, W.:
Grundfragen der Artikulation. ZR (1953)

(2) BAUER, A./GUTOWSKI, A.:
Gnathologie. Berlin, Quinessenz-Verlag (1975)

(3) BÖTTGER, H.:
Die angewandte Artikulationslehre. In: Zahnärztl. Prothetik Bd. 1, Böttger, Häupl, Kirsten; Leipzig (1961)

(4) BÖTTGER, H.:
Zahnersatz und Kiefergelenk. DZZ 19, 550 (1964)

(5) BÖTTGER, H.:
Gelenkbezügliches oder kaubahnbezogenes Vorgehen bei prothetischen Maßnahmen. DZZ 32, H. 2 (1977)

(6) BÖTTGER, H.:
Das gleitbahnbezogene Vorgehen mit dem Artikulator Gnathomaten."Dental-Labor",XXVI, H. 1 (1978)

(7) BOJANOV, B./JORDANOW, J./RAITSCHINOWA, L.:
Über die Parallelität der Camper'schen Ebene und der Okklusionsebene. DZZ 27, 474 - 477, (1972)

(8) GERBER, A.:
Die Bewegungen des Unterkiefers und deren Wiedergabe im Artikulator. Zahnärztliche Welt, H. 5, (1950)

(9) GERBER, A.:
"Condylator" Mod. 4. Separatdruck aus: "Der Zahntechniker" 6, (1959)

(10) GERBER, A.:
Kurskompedium. SSO-Kurs, St. Moritz (1978)

(11) GYSI, A.:
Neue Gesichtspunkte im Artikulationsproblem. Schweiz. Viertelj. schrift für Zhkde, Bd XXII, Nr.2 (1912)

(12) GYSI, A.:
Artikulation. In: Handbuch der Zhkde, Hrsg. von Bruhn, Chr., Kantorowitz u. Partsch, Bd. 3, 167 - 316, München (1926)

(13) GYSI, A.:
Modifikation des Artikulators. Bern/Stuttgart, H.Huber (1958)

(14) JANKELSON, B./SWAIN, C. W.:
Physiological aspects of masticatory muscle stimulation: the myo-monitor. Quintessence Intern. 3, 57 - 62 (1972)

(15) JANKELSON, B.:
Myo-Monitor. Mandibular-Kinesiograph. J. Prosth. Dent. 30, 559 - 560 (1973)

(16) KAÀN, M.:
Untersuchung und Bewertung der Lage von Kauebene und okklusalen Zahnoberflächen zur Ohr-Nasenebene

vom prothetischen Gesichtspunkt. DZZ 23, 449 (1968)

(17) KÖNIGS, A.:
Zur Frage der Grenzbewegungen des Unterkiefers zahnloser Patienten bei verschiedener Abstandshaltung der Kiefer. Düsseldorf, Med. Diss. (1977)

(18) KOLNDORFFER, K.:
Das gleitbahnbezogene Vorgehen in der zahnärztlichen Prothetik. ZWR 86, 4 u. 5 (1977)

(19) LAURITZEN, A. G.:
Arbeitsanleitung für die Lauritzentechnik. 3. Auflage, Hamburg (1976)

(20) LEVI, P. H.:
Aktuelle Probleme der Gnathologie. Medica Verlag, Stuttgart (1977)

(21) MOSS, M. L.:
A functional Analysis of Human Mandibular Growth. J. Prosth. Dent. 10, 1149 (1960)

(22) REHM, H.:
Die Bedeutung des Kiefergelenkes bei prothetischen Maßnahmen und seine Berücksichtigung. Zahnärztl. Welt, Konstanz (1947)

(23) REUTER, G.:
Untersuchung über die Beziehung der Kauebene zur Camper'schen Ebene und Ohr-Augenebene aus prothetischer Sicht. Düsseldorf, Med. Diss. (1970)

(24) TREBITSCH, F.:
Die Durchführung der Artikulation mit dem Universalartikulator nach Schröder-Trebitsch. Jahresschrift Zhkde 48, 59 (1932)

(25) SCHÖTTLE, W.:
Das TMR-System. Berlin, Quintessenz-Verlag (1978)

(26) SCHROEDER, H.:
Lehrbuch der technischen Zahnheilkunde. Berlin, Bd. 1; Ltg. 2 (1927)

(27) STEINHARDT. G.:
Kiefergelenkerkrankungen. In: Handlexikon der zahnärztl. Praxis; Hrsg. von Harnisch, H., Gapka, J. und Braun, H.; S. 247, Stuttgart, Medica (1967)

(28) STUART, C. E./STALLARD, H.:
Why an axis. J. South Calif. State Dent. Ass. 32, 204 (1964)

(29) STÜTTGEN, U.:
Einstellung des Gnathomaten bei vollbezahnten und teilbezahnten Gebissen mit ausgeprägter Eckzahnführung. Zahnärztliche Praxis, S. 501 (1978)

(30) WILLNER, G.:
Der Gnathomat - Möglichkeiten und Fakten aus der Sicht des Labors. "Dental-labor", H. 9 (1977)

(31) WILLNER, G.:
Persönliche Mitteilungen des Herstellers (1980)

(32) WUSTROW:
Gedanken zum Artikulationsproblem. Korresp. bl. Zahnärzte (April 1914)

(33) ZÜRCHER, A.:
Zielvorstellungen und Realisation im Artikulatorenbau. Schweiz. Mschr. Zhkde 88 - 726 (1978)

Herrn Prof. Dr. Dr. Hermann Böttger danke ich für die Überlassung des Themas und die mir zuteil gewordene Unterstützung.
Weiterhin gilt mein Dank Herrn Dr. U. Stüttgen für seine stete Hilfsbereitschaft und seine wertvollen Anregungen bei der Durchführung der Arbeit.

Lebenslauf

Am 2. März 1953 wurde ich als fünftes Kind der Eheleute Stefan und Maria Küpper, geb. Neulen, in Ziegenhardt/ Waldbröl geboren.

Durch die Versetzung meines Vaters zogen wir 1958 nach Bergisch Gladbach um. Dort wurde ich im Frühjahr 1959 in die katholische Grundschule Bergisch Gladbach/Pfaffrath eingeschult. 1963 wechselte ich auf das Städtische Nikolaus-Cusanus Gymnasium, das ich 1970 nach Erhalt des großen Latinums verließ, um den musisch-pädagogischen Aufbauzweig des Elisabeth-v.-Thüringen Gymnasiums in Köln-Lindenthal zu besuchen. Dort erlangte ich nach Beendigung der letzten Klasse 1972 die allgemeine Hochschulreife.

Von Oktober 1972 bis September 1974 leistete ich einen zweijährigen Sanitätsdienst in den Zahnstationen der Bundeswehr und begann anschließend eine Ausbildung als Zahntechniker in dem Praxislabor von Herrn Dr. E. Liessem in Bonn. Diese konnte ich im Februar 1977 mit der Gesellenprüfung abschließen.

Zum Wintersemester 1976/77 wurde ich zum Zahnmedizinstudium an der Universität Düsseldorf zugelassen.

Hier legte ich im Sommer 1977 die naturwissenschaftliche Vorprüfung und im Frühjahr 1979 die zahnärztliche Vorprüfung ab.

Zu dem Staatsexamen im Sommer 1981 habe ich mich an der Universität Düsseldorf angemeldet.